



Università degli Studi di Trento

Dipartimento di Lettere e Filosofia
Scuola di Dottorato in Studi Umanistici
XXVII ciclo

TESI DI DOTTORATO

L'insediamento rurale in *Africa Proconsularis*, Tunisia (regione di *Thugga*) e Algeria (*Parc National d'El Kala*), in età romana e tardo-antica

Tutor:

Prof.ssa Mariette de Vos Raaijmakers

Coordinatore del Dottorato:

Prof.ssa Elvira Migliario

Dottorando:

Alessandro Battisti

INDICE

Abstract	xiii
Introduzione	1
I L'insediamento rurale nei territori indagati	7
1 I territori e le metodologie	9
1.1 I territori	9
1.1.1 Tunisia	10
1.1.2 Algeria	12
1.2 Condizioni climatiche	14
1.3 Origine della coltura dell'olivo	16
1.4 Metodologia della ricognizione	17
1.5 Analisi spaziali e locazionali	19
1.6 Le tipologie e la definizione di sito	22
1.7 Densità dei siti e delle presse	23
1.7.1 <i>Thugga Survey</i>	23
1.7.2 Parco Nazionale di El Kala, Algeria	26
2 Oggetto di studio	29
2.1 Tipologia di siti	29
2.1.1 Agglomerati	30
2.1.2 Ville	30
2.1.3 Fattorie	32
2.2 Tecniche costruttive	35
2.3 L'approvvigionamento del materiale	41
2.4 Tecnologia della pressatura	46
2.4.1 Fasi della produzione	46
2.4.2 Moltura	49
2.4.3 L'ancoraggio del <i>prelum</i>	50
2.4.4 Ara	52
2.4.5 Contrappesi	53
2.4.6 Vasche	55

2.4.7	Calcatorium	57
2.4.8	L'introduzione di nuove tecnologie	58
2.5	Confronti con altre ricognizioni	59
2.5.1	Tunisia settentrionale	62
2.5.2	La fascia costiera, il <i>Sahel</i>	64
2.5.3	Tunisia Centrale	65
2.5.4	Tunisia Meridionale	67
2.5.5	Libia	67
2.5.6	Algeria	70
2.5.7	Conclusioni	72
2.6	Le leggi agrarie	74
2.7	Olio o vino?	77
2.7.1	Le presse rupestri	80
II	Statistica applicata agli insediamenti rurali	85
3	Presentazione dei dati e premesse metodologiche	87
3.1	La definizione dell'area di interesse	87
3.2	Analisi dei dati di partenza	89
3.2.1	Tipologia dei siti	89
3.2.2	Cronologia	90
3.2.3	Fattori post-deposizionali	94
3.3	Obbiettivi	97
3.3.1	Analisi locazionale	97
3.3.2	Valutazione della capacità produttiva	97
3.4	I modelli predittivi	98
3.4.1	Tipologie di modelli predittivi	100
3.4.2	Metodo	101
3.4.3	Critiche ai modelli predittivi	102
3.5	<i>Analisi locazionale e site catchment</i>	105
3.5.1	<i>Land evaluation</i>	106
4	Analisi statistiche e spaziali	109
4.1	Tipologie di dati	110
4.2	Tipologie di test	110
4.2.1	Test parametrico	110
4.2.2	Test non-parametrico	110
4.2.3	Il numero di variabili	111
4.2.4	Analisi monovariate	111
4.2.5	Analisi bivariate	111
4.2.6	Analisi multivariate	113
4.3	Multi-Criteria Evaluation	114
4.3.1	AHP	114
5	Analisi Locazionale	117
5.1	Modelli insediativi	118
5.1.1	<i>Rank size distribution</i>	118
5.1.2	La legge di Zipf	119
5.1.3	<i>Nearest Neighbours Analysis</i>	128

5.1.4	Cluster Analysis	134
5.2	Relazioni sito-paesaggio	139
5.2.1	Tipologie di variabili	139
5.2.2	Variabili ambientali	139
5.2.3	Variabili culturali	149
5.3	Algeria (<i>PNEK Survey</i>)	154
5.4	Il modello predittivo	155
5.4.1	Valutazione bivariata variabili	155
5.4.2	Valutazione multi-variata variabili	156
5.4.3	Generazione del modello	159
5.4.4	Validazione e confronto tra i modelli GLM e GAM	161
5.5	Comparazione modelli a risoluzione diversa	165
5.6	Validazione con i siti in Algeria	169
5.6.1	Modifiche apportate al modello	169
5.6.2	Area estesa	173
5.7	Ruolo delle variabili	175
5.8	Discussione dei risultati	178
5.8.1	Aspetti positivi	178
5.8.2	Aspetti critici	179
5.8.3	Conclusioni	180
6	MCE	183
6.1	Lo sfruttamento del suolo attuale	183
6.2	Gli agronomi romani	189
6.3	Definizione del modello	192
6.3.1	Ruolo delle variabili	192
6.4	Site catchment	194
7	Valutazione del territorio	199
7.1	Numero delle presse	200
7.1.1	Relazione tra numero torchi, durata ed estensione	201
7.2	Stime di produttività	209
7.2.1	Stima volume contrappesi	210
7.3	Dalla produttività al territorio	211
7.4	Definire i territori	214
7.4.1	Il procedimento	214
7.4.2	Distribuzione della produzione	218
7.5	Ipotesi ricostruttiva del paesaggio antico	219
7.5.1	La <i>friction map</i>	220
7.5.2	La “ <i>mask</i> ”	220
7.5.3	La ruralizzazione dei centri urbani	222
7.5.4	Carte di coltivazione dell’oliveto	223
7.6	Analisi e confronto con la situazione attuale	228
7.6.1	Distribuzione della produzione	230
7.6.2	Introducendo il fattore cronologico	230

III	Gestione e comunicazione dei dati	233
8	Gestione dei dati	235
8.0.1	La strutturazione del dato	235
8.1	Controllo e standardizzazione dei dati	235
8.1.1	Il sistema di gestione dei dati	236
8.1.2	Piante	239
8.1.3	Il modello fisico	240
8.1.4	Funzionalità di backup	241
9	Comunicazione dei dati	243
9.1	Gli <i>open data</i> in archeologia	244
9.1.1	Gli standard OGC	245
9.1.2	La situazione italiana	246
9.2	Gli obiettivi del progetto	249
9.3	L'architettura del sistema	249
9.3.1	Il sito web	250
9.3.2	L'applicazione di <i>Webmapping</i>	260
9.3.3	Gestione dei dati cartografici	265
9.4	Lo stato del progetto e il futuro	268
10	Conclusioni	271
10.1	Analisi comparative	272
10.2	Stime di produttività	275
10.3	WebGis	276
A	Script di R	279
A.1	Creazione rasters	279
A.2	Generazione tabelle X^2	281
A.3	Kolmogorov Smirnov Test	288
A.4	Regressione Logistica Semplice	292
A.5	Regressione Logistica Multivariata	295
A.6	Valutazione Modello 1	300
A.7	Valutazione Modello 2	304
A.8	MCE	308
A.9	Calcolo Produttività	312
A.10	Calcolo territori Tunisia	321
B	Tabelle	331
	Bibliografia	341

ELENCO DELLE FIGURE

1	Le due zone oggetto di studio, parti di ricognizioni più estese	2
1.1	Le tipologie di paesaggio in Tunisia (a) e Algeria (b) (foto M. de Vos)	9
1.2	Carta di distribuzione dei siti rinvenuti in Tunisia 1994-2014	11
1.3	Carta di distribuzione dei siti rinvenuti in Algeria 2003-2011	13
1.4	La diffusione naturale dell'olivo selvatico (J.-P. Brun 2003a, p. 126)	16
1.5	Aratura tradizionale in Tunisia (foto M. de Vos)	18
1.6	Le ricognizioni in Tunisia, la zona più scura corrisponde alla ricognizione intensiva le altre a quelle estensive. In bianco i siti relativi all'acquedotto	23
1.7	La ricognizione in Algeria (parte settentrionale), la zona campita in grigio scuro corrisponde alla porzione analizzata della ricognizione del Parco Nazionale di <i>El Kala</i> (<i>PNEK Survey</i>)	26
2.1	I siti (a) e in particolare gli oleifici (b) che hanno riportato la presenza di elementi di pregio (<i>Thugga Survey</i>)	31
2.2	Dimensione dei siti con pressa in Tunisia (<i>Thugga Survey</i>) (a) ed in Algeria (<i>PNEK Survey</i>) (b)	32
2.3	Sito DU160, solo <i>torcularium</i> , B=incastro, C=contrappeso	33
2.4	Tipologie di presse rupestri (J.-P. Brun 1986, p. 86, fig. 28)	34
2.5	La pressa rupestre AK020, con due incastri perpendicolari tra loro, <i>calcatorium</i> e vasca di raccolta	35
2.6	Proposte ricostruttive tridimensionali dell'interno del <i>torcularium</i> del sito DU205 (a) e della facciata settentrionale della <i>villa</i> di Ksar Fatma (b)	36
2.7	Assonometria ricostruttiva del sito DU205	37
2.8	Algeria, sito AK001, ricostruzione dell'ipotesi olio	38
2.9	Algeria, sito AK001, ricostruzione dell'ipotesi vino	39
2.10	Il prospetto (a) e la sezione di un muro in <i>opus africanum</i> (foto M. de Vos)	40
2.11	I siti (a) e in particolare gli oleifici (b) che hanno riportato la presenza di tegole o embrici (<i>Thugga Survey</i>)	42
2.12	Cava (sito DU728)	43
2.13	Tre tipi di segni di lavorazione (foto M. de Vos)	44
2.14	Due strumenti di lavorazione, gradina (a) e subbia (b) (da Rockwell 1989, pp. 54-5)	44
2.15	Incastro appena estratto dalla cava (DU129)	45
2.16	DU617. Vasca in lavorazione (foto M. de Vos)	45

2.17	Tipologie di macine attestate in <i>PNEK Survey</i> (a) e <i>Thugga Survey</i> (b)	49
2.18	Tipologie di incastri attestate in Tunisia e Algeria	51
2.19	Il sito BO022 con incastro a foro passante <i>in situ</i>	51
2.20	Istogramma delle diametro delle <i>arae</i> , in cm	52
2.21	Tipologie di <i>arae</i>	53
2.22	Tipologie di contrappesi attestate in Tunisia (<i>Thugga Survey</i>)	54
2.23	Istogramma dei volumi dei contrappesi in cm^3	55
2.24	Variabilità della dimensione dei contrappesi in Tunisia (scala 1:50)	56
2.25	Vasca tipo <i>Madauros</i>	57
2.26	Progetti di ricognizione in Tunisia (adattata da Stone 2004 figura 10.1)	60
2.27	Tunisia, luoghi menzionati in questa sezione	61
2.28	I siti con pressa nella valle di <i>Segermes</i> (da Hansen 2000, p. 69, fig. 33)	63
2.29	I siti con pressa nella regione di <i>Kasserine</i> (da Mattingly e Hitchner 1993, p. 442, fig. 2)	66
2.30	I siti con pressa nelle zone del <i>Tarhuna Plateau</i> e del pre-deserto (da Hobson 2012, p. 141, fig. 3.3)	69
2.31	I siti con pressa nell'entroterra di <i>Caesarea</i> (da Leveau 1984, p. 428, fig. 229)	71
2.32	Ipotesi generica di collocazione dei <i>saltus</i> nella regione delle grandi iscrizioni (Carcopino 1906, fig. 8, p.427)	75
2.33	Mosaici di Tabarka con rappresentazione di coltura mista vigna/olivo	78
2.34	La pigiatura e la raccolta del mosto	81
2.35	Due presse rupestri nella regione del <i>PNEK Survey</i>	82
2.36	CS007 (foto M. de Vos)	82
3.1	Bacini idrografici e area di interesse (<i>Thugga Survey</i>)	88
3.2	Densità di occupazione di tutti i siti datati (a-c-e) e degli oleifici datati (b-d-f) nelle ultime tre fasi. La densità viene espressa in scala di grigi da 1 sito (grigio chiaro) a più di 4 (nero), quadrati di 1 km per lato (<i>Thugga Survey</i>)	92
3.3	Variazioni di densità (rispetto al periodo precedente). In verde l'aumento del numero di siti, in rosso la diminuzione, la campitura a linee diagonali indica la presenza di siti, il rosso senza linee corrisponde dunque al totale abbandono del settore (<i>Thugga Survey</i>)	93
3.4	<i>Heat map</i> relativa ai siti con pressa (<i>Thugga Survey</i>)	94
3.5	Ipotetiche percentuali di rinvenimento a seconda della tipologia di sito, del periodo o del luogo (da Witcher 2011, fig. 3.1)	95
3.6	<i>Heat map</i> relativa a tutti i siti identificati nella ricognizione intensiva (<i>Thugga Survey</i>)	96
3.7	Dimensione della cella di 3 ipotetici <i>rasters</i> (da sinistra 30, 60, 90 m) in rapporto ad un sito	105
4.1	Il grafico delle ogive di percentuale cumulativa	113
4.2	Esempio di regressione lineare	114
5.1	I siti urbani utilizzati nella <i>rank size analysis</i> e (in piccolo) quelli esclusi	119
5.2	Rank size (Thurston 2002)	119
5.3	Téboursouk nel 1885 (Saladin 1893)	120
5.4	L'AAT nelle zone dei quattro insediamenti di cui il confine è incerto	121
5.5	Grafici di distribuzione dei 15 più estesi insediamenti della zona indagata in Tunisia (<i>Thugga Survey</i>), in grigio la distribuzione teorica	123
5.6	Log(Rank size distribution) includendo i siti al di sopra dei 1000 m^2	124

5.7	Confronto delle linee di regressione (in nero) per i due modelli	125
5.8	Le distribuzioni dei siti nella zona indagata in Algeria (<i>PNEK Survey</i>)	126
5.9	Differenze di scala (da Bevan e Conolly 2006, p. 220, fig. 14-2)	128
5.10	Istogrammi dei vicini più prossimi	130
5.11	Differenze di scala (da Conolly e Lake 2006, p. 166, fig. 8.8)	131
5.12	Schema del funzionamento funzione K (da Macchi Jánica 2009 fig. 6.17)	132
5.13	Confronto dei grafici delle funzioni L	133
5.14	I tre gruppi individuati dalla analisi <i>K-means</i> in Algeria (<i>PNEK Survey</i>)	135
5.15	<i>Clusters</i> individuati per il <i>PNEK Survey</i>	135
5.16	Confronto dei grafici delle funzioni L, OJ (a) e OH (b)	136
5.17	I sei gruppi individuati dalla analisi <i>K-means</i> nel territorio del <i>Thugga Survey</i>	138
5.18	<i>Clusters</i> individuati per il <i>Thugga Survey</i>	138
5.19	Ogiva Altitudine	140
5.20	Ogiva Pendenza	141
5.21	Ogiva Indice Topografico	142
5.22	Ogiva Curvatura del profilo	143
5.23	Ogiva Distanza dai fiumi	144
5.24	Ogiva Distanza dalle sorgenti	145
5.25	El. Morfometrici (Wood 1996)	146
5.26	Distanza dalle strade, <i>Thugga Survey</i>	148
5.27	Ogive Distanza dalle strade	149
5.28	Ogive Distanza dalle città	151
5.29	Grafici delle percentuali cumulative delle variabili continue (<i>PNEK Survey</i>)	153
5.30	Elementi morfometrici (Lock e Pouncett 2011, Fig. 2)	155
5.31	Grafici della regressione logistica semplice delle variabili continue	157
5.32	Comparazione tra modelli GLM e GAM (<i>Thugga Survey</i>)	160
5.33	Grafico ogive per il modello GAM (a) e GLM (b), <i>Thugga Survey</i>	164
5.34	Confronto dei grafici di predizioni corrette per GAM e GLM (<i>Thugga Survey</i>)	166
5.35	Valutazione comparativa dei modelli a risoluzione differente	167
5.36	Collocazione geografica delle sotto-zone OH e OJ (<i>PNEK Survey</i>)	169
5.37	Modello predittivo applicato ad OH e OJ (<i>PNEK Survey</i>)	170
5.38	Confronto dei grafici di predizioni corrette (<i>PNEK Survey</i>)	170
5.39	Zona ad alta predittività all'interno di zone a bassa predittività	170
5.40	Il modello predittivo applicato alla zona indagata in Algeria (<i>PNEK Survey</i>)	174
5.41	Confronto tra le zone individuate come ad alta probabilità e le zone coltivate e abitate moderne, si noti come esse, in buona parte, coincidano	174
5.42	Validazione modello nel territorio indagato in Algeria (<i>PNEK Survey</i>)	176
5.43	Confronto altitudine e modello predittivo, OJ (<i>PNEK Survey</i>)	177
5.44	Confronto indice topografico e modello predittivo, OJ (<i>PNEK Survey</i>)	177
5.45	Confronto pendenza e modello predittivo, OJ (<i>PNEK Survey</i>)	177
5.46	Confronto distanza sorgenti e modello predittivo, OJ (<i>PNEK Survey</i>)	177
6.1	Evoluzione della coltivazione dell'ulivo nell'ultimo secolo	184
6.2	Uliveti attuali ed oleifici antichi	185
6.3	Rapporto tra uliveti attuali e variabili	186
6.4	Rapporto tra uliveti attuali e variabili	187
6.5	Rapporto tra pendenza e aree incolte	189
6.6	<i>Suitability map</i> , per la coltivazione dell'olivo	195
6.7	Isotropico	195
6.8	Anisotropico	196

6.9	Anisotropico Inverso	196
6.10	Buffer	196
7.1	Cippi di confine ritrovati durante il <i>survey</i> o da autori precedenti	199
7.2	DU282. Incastro reimpiegato in una chiesa come materiale edilizio (foto M. de Vos)	200
7.3	DU735, contrappeso in sezione di uno scavo clandestino (foto. M. de Vos)	201
7.4	Rapporto tra durata e numero di elementi di pressa	202
7.5	Residui	202
7.6	Rapporto tra estensione e numero di elementi di pressa	203
7.7	Residui	203
7.8	Rapporto tra estensione e numero di fasi attestare	204
7.9	Residui	204
7.10	Rapporto tra gruppi e numero di elementi di pressa	205
7.11	Il sito di <i>Aïn Ouassel</i> e gli elementi di pressa presenti, in grigio l'area scavata	208
7.12	Rapporto tra le tre dimensioni e il volume totale	210
7.13	Densità di alberi per ettaro nelle fonti da Mattingly 1994, p. 93	212
7.14	Esempio di territori, calcolati con metodo isotropico, dei soli siti considerati nelle analisi (<i>Thugga Survey</i>)	215
7.15	Isotropico	217
7.16	Anisotropico	217
7.17	Euclideo	217
7.18	Euclideo	218
7.19	Carta delle proprietà, (parzialmente aggiornata da de Vos 2013, p. 148, fig. 6.4)	219
7.20	<i>Friction</i> e <i>Mask maps</i>	221
7.21	Un contrappeso (in basso a destra) riutilizzato nella cinta muraria della fortezza bizantina di Agbia	223
7.22	Estensioni degli oliveti relativi alla prima ipotesi (estensioni maggiori)	224
7.23	Estensioni degli oliveti relativi alla quarta ipotesi (estensioni minori)	226
7.24	Distanze tra gli ulivi attuali	228
7.25	Ettari di uliveto nella zona indagata (<i>Thugga Survey</i>)	229
7.26	Ettari di uliveto in Tunisia (http://www.internationaloliveoil.org)	229
8.1	Gestione degli elementi di un rilievo all'interno di QGIS	238
8.2	Esempio di una pianta (sito DU276)	239
8.3	Struttura del <i>database</i>	240
9.1	I principali rischi degli <i>open data</i> secondo un sondaggio (da Anichini 2013, fig. 8.9)	245
9.2	Architettura del sistema (da Mazzei <i>et al.</i> 2009, fig. 1)	246
9.3	Struttura del sito web	250
9.4	La scheda sito	251
9.5	Interrogazione dei siti	252
9.6	Le scheda descrizione	253
9.7	Le tabelle reperti archeologici	253
9.8	La scheda reperto archeologico	254
9.9	La scheda ceramica	255
9.10	La scheda rilievo	256
9.11	Interrogazione dei reperti	256
9.12	Foto e disegni dei reperti archeologici divisi per tipologia	257

9.13	Foto e disegni dei reperti archeologici di una tipologia	257
9.14	Carta dei siti con filtri per tipologia e cronologia	258
9.15	Consultazione delle <i>database</i>	259
9.16	L'interfaccia dell'applicazione di <i>Webmapping</i>	260
9.17	Schema webGIS	261
9.18	Connessione con il sito	262
9.19	Ricerca all'interno dell'applicazione di <i>web mapping</i>	262
9.20	<i>Styling</i> di un <i>layer</i>	263
9.21	Stampa del sito DU034 dall'applicazione di <i>web mapping</i>	264
9.22	Funzionalità di <i>download</i>	264
9.23	<i>Tiles</i> (da http://data.webg1earth.com)	266
10.1	Produzione olio in Tunisia (1964-2013), (dati http://www.indexmundi.com/)	275

ELENCO DELLE TABELLE

1.1	Precipitazioni nelle città più prossime alle zone indagate in Tunisia e Algeria (dati da http://www.weatherbase.com)	14
1.2	Temperature nelle città più prossime alle zone indagate in Tunisia e Algeria	15
1.3	Alcune tipologie di siti	22
1.4	Densità di siti e intensità ricognizione	24
1.5	Densità presse	25
1.6	Densità presse non contando le città	25
3.1	Variazione cronologica dei siti (<i>Thugga Survey</i>)	90
3.2	Estensione siti in metri quadrati	104
4.1	Test del Chi-quadro	111
4.2	Definizione dei pesi	115
4.3	Tabella degli RI per vari numeri di variabile (Drobne e Lisec 2009, p. 465)	116
5.1	I quindici siti più estesi (area espressa in ettari)	122
5.2	Regressione lineare	125
5.3	Regressione lineare Algeria	126
5.4	Indici di convessità	127
5.5	Risultati del test di Clark e Evans	131
5.6	Risultati del test di Clark e Evans	137
5.7	Altitudine di oleifici (a) e altri siti (b), <i>Thugga Survey</i>	140
5.8	Pendenza e oleifici (a) e altri siti (b), <i>Thugga Survey</i>	141
5.9	Indice Topografico e oleifici (a) e altri siti (b), <i>Thugga Survey</i>	143
5.10	Curvatura del profilo e oleifici (a) e altri siti (b), <i>Thugga Survey</i>	143
5.11	Distanza di costo degli oleifici (a) e altri siti (b) dai fiumi perenni, <i>Thugga Survey</i>	144
5.12	Distanza di costo degli oleifici (a) e altri siti (b) dalle sorgenti, <i>Thugga Survey</i>	145
5.13	Elementi Morfometrici e oleifici (a) e altri siti (b), <i>Thugga Survey</i>	146
5.14	Esposizione e oleifici (a) e altri siti (b), <i>Thugga Survey</i>	147
5.15	Geologia e oleifici (a) e altri siti (b), <i>Thugga Survey</i>	149
5.16	Cost distance dalle strade e oleifici (a) e altri siti (b), <i>Thugga Survey</i>	150
5.17	Cost distance dalle città e oleifici (a) e altri siti (b), <i>Thugga Survey</i>	151
5.18	Tabelle del X^2 per gli oleifici del <i>PNEK Survey</i>	152

5.19	Risultati regressione logistica multi-variata	156
5.20	“Influenza media” delle variabili	158
5.21	Predizioni corrette regressione logistica multi-variata	159
5.22	Test del X^2 applicato ai modelli GAM e GLM, oleifici (a-c), altri siti (b-d)	163
5.23	Kvamme’s T per il modello predittivo GAM (a) e GLM (b)	165
5.24	Kvamme’s gain applicato al modello predittivo GAM (a) e GLM (b)	166
5.25	Risultati significativi e non per modelli 30 (a) 60 (b) e 90 m (c)	167
5.26	Kvamme’s gain dei modelli 30 (a), 60 (b) e 90 m (c)	168
5.27	Kvamme’s T dei modelli 30 (a), 60 (b) e 90 m (c)	168
5.28	Kvamme’s gain applicato al modello predittivo OH (a) e OJ (b)	171
5.29	Kvamme’s T per il modello predittivo nelle zone di OH (a) e OJ (b)	172
5.30	Kvamme’s gain (a) e Kwamme’s T (b) del modello per la zona indagata nel <i>PNEK Survey</i>	175
5.31	Pesi relativi delle variabili	175
6.1	Test del X^2 applicato alla disposizione degli oliveti attuali	186
6.2	Tabella classi geologiche, in evidenza le correlazioni positive con le zone incolte, (non sono riportate tutte le classi ma una selezione delle più significative)	188
6.3	Valori assegnati alla geologia	193
6.4	Valori impostati per esposizione (a), altitudine (b), pendenza (c) ed indice topografico (d)	193
6.5	Pesi relativi delle variabili utilizzate nella MCE	194
7.1	Siti per numero di fasi	201
7.2	Siti per estensione	203
7.3	Numero di torchi (a) e estensioni siti con quattro o più torchi (b)	206
7.4	Esempio di tabella produttività per elemento e sito (NMT=Numero Minimo Torchii, NEM=Numero elementi misurati)	213
7.5	La produzione annuale di olio (in tonnellate) e le estensioni ipotizzate degli oliveti (in ettari)	228
7.6	Numero di siti e presse nelle 4 fasi cronologiche (le percentuali sono calcolate in base al totale degli oleifici e delle presse datate)	230
7.7	Produzione (escluse le città) nelle 4 fasi cronologiche	231
B.1	Numero massimo di Torchi (N_T) e numero di elementi per sito (Tot) (Thugga Survey)	331
B.2	Numero massimo di Torchi (N_T) e numero di elementi per sito (Tot) (PNEK Survey)	336
B.3	Carta geologica	340

ABSTRACT

Il confronto è un procedimento fondamentale per poter meglio comprendere i dati provenienti dai progetti di ricognizione archeologica. Partendo da questo presupposto, il presente studio si pone l'obbiettivo di approfondire la conoscenza dei modelli di sfruttamento del paesaggio agrario antico attraverso il confronto tra due territori, rispettivamente in Tunisia attorno a *Thugga* ed in Algeria nella *wilaya* di *El Tarf*. Si procederà, attraverso l'applicazione di analisi statistiche (bi-variate e multi-variate), alla ricerca di eventuali modelli preferenziali di insediamento e di relazioni tra siti, basandosi anche sulle stime della capacità di produzione dei torchi oleari e la conseguente possibile estensione del fondo agricolo.

INTRODUZIONE

Ricostruire la storia del paesaggio rurale antico è un compito complesso, poiché da sempre è stato marginale sia nell'interesse degli autori antichi, sia in quello dei ricercatori contemporanei, nonostante il ruolo preminente che le attività agro-silvo-pastorali avevano nell'economia antica. L'archeologia infatti si è sempre dedicata molto più al mondo urbano dando sempre poca rilevanza agli aspetti della vita produttiva delle campagne. In particolare modo il Nord Africa risulta una regione ancora troppo poco conosciuta, soprattutto considerando l'eccezionale stato di conservazione del suo paesaggio archeologico.

Nel 1995 Mattingly e Hitchner, descrivendo lo stato dell'archeologia africana, lamentavano una conoscenza molto scarsa delle campagne africane dovuta alla mancanza di ricognizioni e di scavi¹. Oggi la situazione è radicalmente mutata per quanto riguarda le ricognizioni, ma è rimasta pressoché la stessa in quanto a scavi di edifici rurali il cui numero non è nemmeno lontanamente paragonabile a quello degli scavi negli stati europei.

I primi studi metodici di questo aspetto fondamentale dell'antichità sono quindi relativamente recenti e fanno parte un filone di ricerca oggi molto sentito, infatti i dati provenienti dalle ricerche sul campo devono essere considerati come una delle fonti primarie per lo studio dell'economia antica. Le ricerche del Laboratorio di Archeologia e Scienze Affini (LASA) dell'Università di Trento si inseriscono in questa corrente e si concentrano sullo studio del paesaggio rurale: in Tunisia, intorno alla città di *Thugga* e in Algeria nell'area nord orientale, per la creazione della carta archeologica (fig. 1). L'obiettivo di questo lavoro è quello di confrontare questi due territori geograficamente vicini, ma caratterizzati oggi da un paesaggio differente. In particolare ci si è concentrati su due sotto-zone definite secondo i parametri descritti nel capitolo 3.

Il confronto con le altre ricognizioni effettuate nei territori vicini ha fornito un utile termine di paragone, quantomeno metodologico, poiché comparare dati provenienti da *surveys* portati avanti da gruppi di ricerca differenti, porta ad affrontare diverse problematiche. I risultati di una ricognizione infatti variano notevolmente in base alla metodologia utilizzata, in base al livello di intensità o al tipo di campionatura adottato, ma anche in base alle definizioni di sito e non-sito e alle discrepanze nello stabilire delle tipologie². Il confronto resta un procedimento fondamentale per poter meglio comprendere i dati provenienti da questo tipo di ricerche e per poter valutare più a fondo le variabili e le incognite indissolubilmente connaturate nella ricerca archeologica. Il paesaggio attuale infatti conserva solamente un'immagine parziale di

¹Mattingly e Hitchner 1995, p. 189.

²Stone 2004, pp. 135-6.

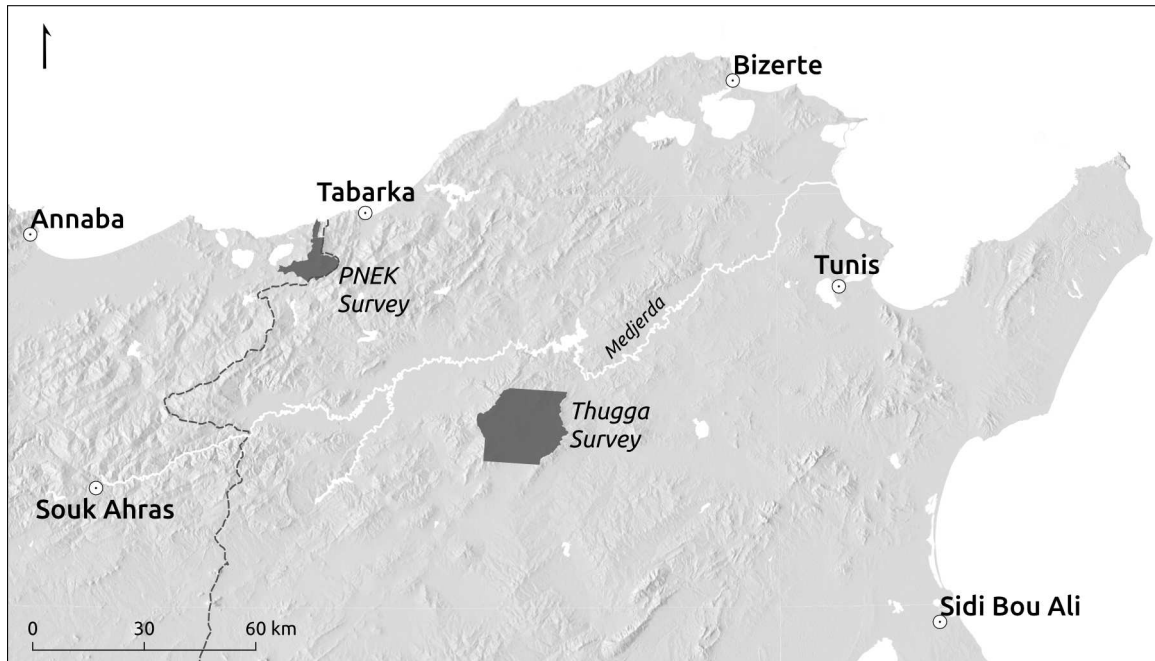


Figura 1: Le due zone oggetto di studio, parti di ricognizioni più estese

quello che doveva essere in antico, in quanto è stato modificato nel corso dei secoli da vari fattori di degrado, antropici e naturali, che sono spesso difficilmente quantificabili.

Il presente studio si è proposto l'analisi delle tipologie di insediamento rurale, prendendo il via dai dati raccolti nei due progetti di ricerca in Algeria e Tunisia. Questo ha reso possibile confrontare dati raccolti direttamente sul campo, provenienti da due ricognizioni effettuate dallo stesso gruppo di ricerca, con metodologie operative simili, in zone relativamente vicine. Si è cercato così di identificare modelli preferenziali di insediamento e di relazione tra siti, basandosi anche sulle stime della capacità di produzione dei torchi oleari e la conseguente grandezza del fondo che doveva far riferimento ad ogni sito, realizzate in altri progetti di dottorato³.

Sulla base di questi propositi, analizzate le criticità, si è giunti alla conclusione che applicare le analisi statistiche solo per cercare di identificare i cosiddetti *settlement patterns* non deve essere l'unico scopo della ricerca. Bensì è interessante soprattutto conoscere meglio un aspetto, meno soggetto ai fattori di *bias*, presente in entrambi i *surveys* ossia quello della produzione dell'olio d'oliva nel periodo che va dalla prima età imperiale a quella bizantina. L'osservazione di quest'aspetto non è fatta solo dal punto di vista tecnologico, ma in maniera più ampia cercando di comprendere le modalità di sfruttamento del territorio e analizzando la disposizione dei siti in esso.

Lo stato di conservazione eccezionale in cui versano diversi insediamenti ritrovati, ha permesso di proporre una ricostruzione tridimensionale di come doveva presentarsi la struttura (figg. 2.6a, 2.6b, 2.7, 2.8 e 2.9); nonché fornire casi particolari di studio, che sono stati utilizzati come base di partenza privilegiata per l'identificazione di alcune tipologie insediative. Si è scelto di ricorrere all'archeologia virtuale, che ormai è una tecnica affermata e utilizzata ampiamente in numerosi progetti, in quanto è tanto un formidabile mezzo di divulgazione, quanto un efficace strumento d'indagine. Aiuta infatti a "capire meglio il noto grazie all'ignoto"⁴. Si tratta di un sistema che impone un livello di verifica maggiore poiché le viste

³Lanfranchi 2004, 2008.

⁴Parenti 1990, p. 542.

prodotte dall'applicazione sono tutte quelle possibili e nessun dettaglio rimane incontrollato⁵.

L'utilizzo del G.I.S. rappresenta invece uno strumento fondamentale per lo studio del territorio grazie alla capacità di visualizzare, interrogare e incrociare i dati. Ciò si realizza con la sovrapposizione dei dati e con le elaborazioni spaziali⁶.

E' stato realizzato un apparato cartografico il più esaustivo possibile, in modo che potesse essere un supporto visuale alle osservazioni riportate nel testo e alle conclusioni raggiunte. La creazione di questo supporto, elaborato *ad hoc* per la presente ricerca, ha richiesto un certo impegno anche in termini di tempo, ma lo si ritiene fondamentale per questo tipo di studio e si spera abbia raggiunto gli obiettivi per i quali è stato realizzato.

Ci si è concentrati inoltre sulla capacità di ottenere la maggior parte delle elaborazioni dei dati attraverso sistemi di *scripting*, in modo che queste siano facilmente reiterabili qualora avvengano modifiche, aggiunte o reinterpretazioni di parte dei dati grezzi. Si pensa in primo luogo alle datazioni dei siti degli ultimi anni di ricognizione che, al momento in cui si scrive, non sono ancora state elaborate in maniera definitiva e dunque non sono state utilizzate. Questo tipo di approccio è stato inoltre fondamentale anche per quanto riguarda la possibilità di effettuare prove ripetute di alcune analisi con leggere variazioni nei parametri, per verificarne i risultati, comprendere le ragioni di eventuali differenze e quindi interpretarne meglio gli esiti.

La tesi è suddivisa in tre parti che affrontano aspetti diversi: la prima riguarda l'inquadramento metodologico, storico e archeologico dei dati analizzati; la seconda, parte centrale di questo lavoro, si concentra sulle analisi statistiche utilizzate per aiutare la comprensione del modello insediativo, mentre la terza riguarda gli aspetti di gestione e comunicazione del dato archeologico.

Parte I

Nel primo capitolo vengono presentati i territori indagati, le loro principali caratteristiche geomorfologiche e climatiche, e le metodologie utilizzate durante la ricognizione. Vi è poi una breve introduzione alle analisi spaziali e ai modelli economico-geografici che posso essere visti come il primo tentativo di spiegare le dinamiche sociali all'interno di determinati spazi geografici. Questa parte si conclude con un primo sguardo sulla situazione generale dei dati frutto delle ricognizioni, le tipologie di siti e la loro densità.

Nel secondo capitolo si affrontano, in maniera piuttosto rapida, gli aspetti archeologici più rilevanti per l'interpretazione dei dati e che possono condizionare l'applicabilità delle analisi statistiche. Si sono analizzate le tipologie di siti che sono state oggetto delle analisi dei capitoli successivi, le loro caratteristiche costruttive e le tipologie di presse. Vi è poi un'analisi dei risultati emersi dagli altri progetti di ricognizione portati avanti in Nord Africa in particolare nell'attuale Tunisia, ma anche in Libia e Algeria. Si è data maggiore rilevanza ai dati riguardanti la tipologia di insediamento, le fasi cronologiche e la presenza o assenza di strutture di pressatura. In base a questi si è cercato di definire un quadro generale della situazione delle campagne dal periodo romano a quello bizantino, in cui contestualizzare i dati delle due ricognizioni qui analizzate. Si conclude il capitolo con un'analisi degli indizi che possono aiutare a discriminare quale prodotto venisse processato dalle presse analizzate. Questo aspetto è importante in quanto, oltre alle ovvie implicazioni di carattere economico, l'ultima parte delle analisi è basata sulla tipologia di produzione a cui questi insediamenti si dedicavano.

⁵Medri 2008, pp. 209-10.

⁶Forte 2002, pp. 14-6.

Parte II

Il terzo capitolo, affronta in maniera più diretta i problemi teorico-metodologici legati alle possibilità di applicazione delle analisi statistiche su dati archeologici, dal momento che esistono diversi fattori che influenzano la nostra conoscenza del *record* archeologico (come l'erosione o l'interro, l'utilizzo attuale del terreno e quelli relativi alle metodologie di ricerca utilizzate). Viene affrontato il problema rappresentato dal fattore cronologico in relazione alle modalità di datazione tipiche delle ricognizioni e al loro reale significato nell'interpretazione delle fasi di vita di un insediamento. Il capitolo si conclude con una spiegazione teorica dei tipi di analisi effettuate nei capitoli successivi.

Il breve capitolo successivo si limita ad analizzare in maniera più approfondita gli aspetti tecnici legati alle analisi e a descrivere le modalità in cui ne sono stati presentati i risultati e dunque su come essi possano essere interpretati.

Il quinto capitolo raccoglie i risultati provenienti dall'applicazione delle analisi statistiche locazionali. Le prime due, la *rank size analysis* e la *nearest neighbour analysis* hanno lo scopo di comprendere il modello insediativo ad un livello macroscopico, individuandone le tendenze generali. Le analisi successive invece si sono concentrate sulla verifica delle relazioni che intercorrono tra la posizione dei siti produttivi e le variabili ambientali e culturali, in primo luogo attraverso analisi di tipo bivariato e successivamente multivariato.

Nel sesto capitolo si è cercato di stabilire se esista un relazione tra la posizione dei siti e il terreno a loro circostante, per fare questo si è utilizzata la metodologica della *multi criteria evaluation*, definendo le possibilità di coltivazione del territorio in base a determinate caratteristiche.

L'ultimo capitolo della seconda parte invece si è concentrato sulla definizione dell'estensione dei territori degli insediamenti basandosi sulla stima della loro capacità produttiva. In questo modo si sono potute effettuare ulteriori verifiche sul modello MCE. La "messa in pianta" delle estensioni calcolate è servita ad avere un'idea più chiara delle possibili superfici coltivate. In un certo senso questo passaggio potrebbe servire anche da verifica alle stime di produttività.

Parte III

Il lavoro svolto in questa Tesi ha necessitato di un preventivo passaggio di verifica dei dati raccolti e di una loro migrazione ad un nuovo sistema di gestione. Nella terza parte dunque, relativa alla gestione e comunicazione dei dati, si è cercato di mettere in evidenza questo lavoro di riordino e poi di *upgrade*, a sistemi più complessi ma anche più avanzati, delle tecnologie informatiche per la gestione del dato archeologico. L'ottavo capitolo tratta appunto questa tematica e descrive le metodologie e i *softwares* utilizzati.

Il capitolo nono si concentra sulla parte relativa alla comunicazione, ossia il sistema di *webmapping*, che è in primo luogo una dimostrazione, benché sicuramente migliorabile sotto molti punti di vista, di come un dato gestito in questa maniera possa essere reso facilmente disponibile *online*. Si è cercato quindi di inserirsi in una tematica, molto sentita anche dalla comunità archeologica italiana, oltre che da quella internazionale, di condivisione del dato archeologico. La questione delle licenze e della proprietà di questo dato è una questione complessa, molto dibattuta, su cui ancora non si è giunti ad un punto di vista

condiviso. Si spera però che, magari anche con un certo ritardo, si arrivi alla fine ad una condivisione quanto più possibile ampia. I dati grezzi, quelli non interpretati e spesso scremati nelle pubblicazioni tradizionali, sono invece una risorsa fondamentale per conoscere più approfonditamente, per verificare ed anche per criticare, le prime interpretazioni e dunque, in definitiva, per l'approfondimento del dibattito e per l'avanzamento della ricerca.

All'*openness* dei dati si lega quella dei *softwares* utilizzati per la loro gestione, elaborazione e produzione. Per la realizzazione di questo lavoro si è scelto dunque di utilizzare solo *software open source* non solo per l'evidente risparmio in termini economici, ma perché a programmi aperti corrispondono formati aperti (cosa che non sempre avviene con *software* proprietari). Inoltre non avrebbe senso rilasciare dati aperti in un formato chiuso che vincolerebbe l'utente finale a possedere e ad utilizzare un determinato programma, l'apertura del formato è infatti una delle raccomandazioni dell'*Open Knowledge Foundation*.

Dove non diversamente indicato, le immagini, le tabelle, i grafici e la cartografia sono stati realizzati dall'autore.

Parte I

L'insediamento rurale nei territori indagati

1

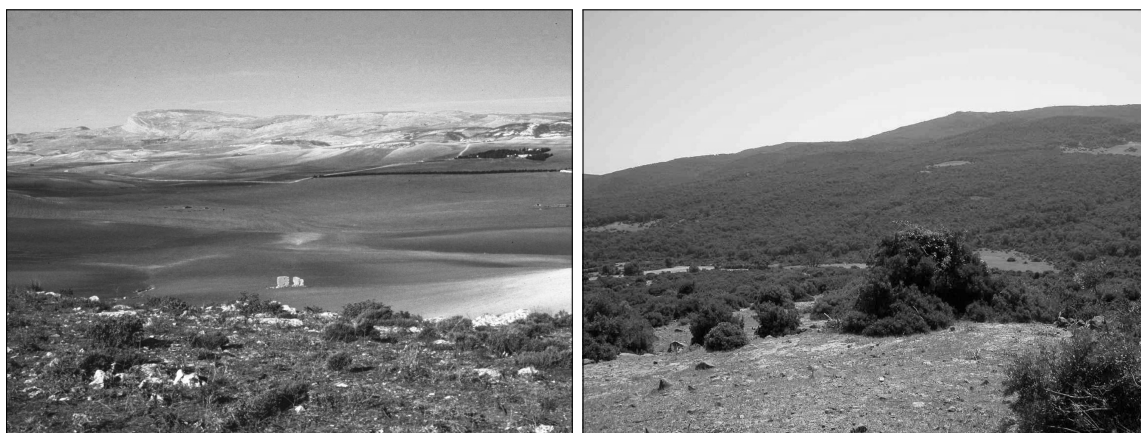
I TERRITORI E LE METODOLOGIE

Nel corso di questo lavoro di tesi si prenderanno in esame due ricognizioni svolte, in due territori nord-africani, dal Laboratorio di Archeologia e Scienze Affini (LASA) dell'Università degli Studi di Trento in collaborazione con l'INP (*Institut National du Patrimoine*) in Tunisia e il *Centre de Recherche en Archéologie du Ministère de la Culture* in Algeria. In questo capitolo si andranno in primo luogo a descrivere questi territori e le metodologie di ricerca lì applicate, si effettuerà infine un'introduzione alle analisi geografiche e statistiche.

1.1 I territori

I due *surveys* sono stati portati avanti in due territori dalle caratteristiche storiche e geografiche piuttosto differenti tra loro, benché si trovino ad una distanza in linea d'aria di meno di 100 km.

Le differenze più rilevanti riguardano le caratteristiche geografiche e i livelli di antropizzazione attuale. Infatti il territorio nei dintorni di *Thugga* è collinare e oggi fortemente coltivato, soprattutto a cereali ed in parte minore ad oliveto. Al contrario il territorio ricognito in Algeria nel Parco Nazionale di *El Kala* è più montuoso e molto meno antropizzato, buona parte di esso è oggi occupato da foreste (fig. 1.1).



(a)

(b)

Figura 1.1: Le tipologie di paesaggio in Tunisia (a) e Algeria (b) (foto M. de Vos)

1.1.1 Tunisia

La ricognizione in Tunisia ha interessato una regione piuttosto vasta, di circa 660 km², corrispondente in gran parte al foglio 33 dell'*Atlas Archéologique de la Tunisie*, includendo la città di *Thugga*. Questa si trova nell'alto Tell tunisino, a circa 100 km a sud-ovest di Tunisi, nel bacino del *Medjerda (Bagrada*¹).

Si possono riconoscere quattro bacini idrografici principali, quelli dei *oueds Arkou, Khalled, Fawar* ed *Harmousha*.

Nella piana segnata dal *oued Khalled* passava l'antica *via a Karthagine Thevestem*, la strada che collegava Cartagine con *Tebessa*, nell'attuale Algeria².

La zona indagata ha un'altitudine media di poco meno di 500 m s.l.m., che passa dal punto più basso di 178 m ad ergersi a vette fino ai 960 m sulla catena del *Djebel Gorra*. È possibile individuare sette micro-regioni in base alla morfologia del territorio:

1. la valle del *oued Khalled* a Est, una pianura oggi intensamente coltivata
2. la valle del *oued Arkou* ad ovest
3. le valli del *oued Harmousha* e del *oued Fawar* a nord-ovest
4. la zona montuosa del *Djebel Gorraa* a nord-ovest
5. il *Djebel ech Cheidi* a sud-est
6. la vasta pianura del *oued Siliana* nella zona più est

Il territorio è costellato di un alto numero di siti urbani, *coloniae, civitates, municipia* e *pagi*. Il ruolo delle città sembra essere essenziale nelle dinamiche storico economiche dell'impero romano. La città organizza lo spazio rurale circostante³, sono centri di consumo, di produzione manifatturiera, di scambi, di distribuzione, sedi amministrative e di potere decisionale. L'alto Tell Tunisino vede in epoca romana, un'alta concentrazione di città poste sui passi tra le valli e lungo le vie di comunicazione⁴, sono siti di lunga durata, le città numide infatti si installano spesso su siti preistorici e si sviluppano in città romane⁵.

Thugga è il più grande insediamento urbano della valle del *Khalled*, la sua importanza politico amministrativa si riscontra fin dall'epoca numidico-punica, quando diventa sede dei re numidi. A partire dal 46 a.C. la città diventa parte della provincia romana dell'*Africa Nova* (rinominata *Proconsularis* nel 27 a.C.), acquisendo lo status di *civitas, pagus Thuggensis*. Dopo esser stata *municipium*, nel 261 d.C. diventa *colonia* e inizia un periodo di espansione edilizia, prosperità che dura fino al IV secolo. Tra il V e VI secolo *Thugga* passa sotto il dominio dei Vandali, poi tra il 533 e il 698 d.C. sotto i Bizantini, periodo nel quale si costruiscono la fortezza e le nuove mura. Dopo la conquista Araba inizia una fase di riutilizzo dei materiali, fino all'epoca moderna quando la popolazione viene trasferita a *Dougga Nouvelle*.

Questo territorio è stato studiato già a partire dalla fine dell'800, nel secolo scorso gli archeologi francesi si sono concentrati soprattutto sugli edifici urbani ma le *brigades topographiques* hanno individuato anche molti siti rurali. In particolare Carton⁶, un medico militare che alla fine dell'Ottocento ha documentato gli insediamenti rurali della zona, e i compilatori della carta AAT 33, sono delle fonti preziose che riportano informazioni oggi scomparse.

¹Gascou 1981, p. 19.

²De Vos e Attoui 2015b.

³Leveau 1983.

⁴De Vos 2000, pp. 17-21.

⁵Ghaki 2003, p. 187.

⁶Carton 1895.

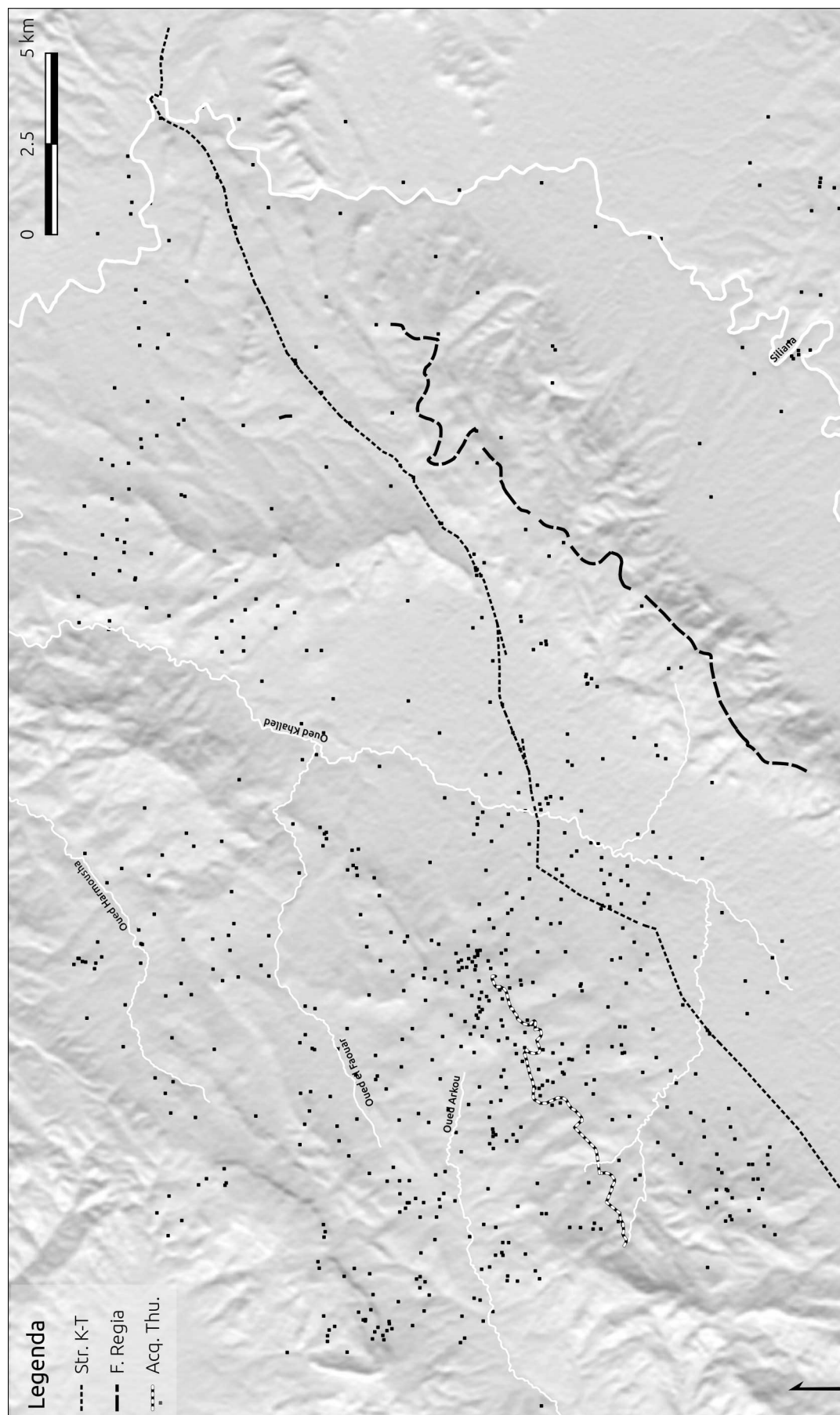


Figura 1.2: Carta di distribuzione dei siti rinvenuti in Tunisia 1994-2014

1.1.2 Algeria

Le vicende dei *surveys* portati avanti in Algeria sono piuttosto complesse, il progetto è stato portato avanti a partire dal 2003 ed è continuato a fasi alterne fino al 2011. Dal 2003 al 2006 si è indagata in maniera completa la zona più a nord-est all'interno del parco nazionale di *El-Kala*, questo territorio, indagato per un periodo di tempo più lungo, sarà quindi quello da cui si potranno trarre i dati più significativi per una comparazione con i dati provenienti dal *Thugga survey*. In seguito, a partire dalla seconda parte della missione 2006 la zona indagata si è molto estesa a sud includendo zone molto ampie. Proprio l'ampiezza dell'area indagata e problematiche indipendenti dalla volontà dei ricercatori hanno impedito uno studio più approfondito di queste zone. I dati da qui provenienti saranno citati nella discussione come confronto ma non potranno essere utilizzati, a causa della loro lacunosità, nel corso delle analisi statistiche.

La regione indagata nel Parco nazionale di *El Kala* comprende tre bacini idrografici principali, quello dell'*oued Jenane*⁷ ad est, dell'*oued Bou'sida* ad ovest, nella valle che sarà d'ora in avanti denominata *Oued el Hout* (OH), e dell'*oued Laouledi* a nord, *Oum Teboul* (OT). A questi si aggiunge un piccolo settore nella zona più nord che fa riferimento invece ad un piccolo *oued* chiamato *Chabet et Tell* che sfocia direttamente nel mar Mediterraneo, *Cap Segleb* (CS).

L'altitudine media è di 259 metri s.l.m. e varia da 0 a quasi 600 nelle zone sul confine con la Tunisia.

Questa zona costiera è caratterizzata da un clima mediterraneo e presenta, come detto, molte zone non coltivate come laghi e foreste e solo una parte viene oggi utilizzata per l'agricoltura⁸. La minore antropizzazione si riflette direttamente nella qualità della conservazione architettonica dei siti antichi. D'altro canto la fitta vegetazione e la ridotta estensione delle zone arate si ripercuotono sul rinvenimento dei materiali ceramici che non risultano sufficienti per poter definire le fasi cronologiche di frequentazione dei siti.

La differenza più rilevante rispetto al *Thugga Survey* per quanto riguarda il tipo di insediamento antico è l'assenza in questa zona di città o di grandi agglomerati. Le città antiche di *Thabraca*, l'attuale *Tabarka* in Tunisia e l'ipotetico porto di *Tuniza* nel luogo dove oggi sorge *Vieille Calle*, a ovest di *El Kala*, distano circa 15 km in linea d'aria. Ciononostante la vicinanza al porto di *Thabraca*, che doveva dedicarsi anche al commercio e all'esportazione del *marmor numidicum* della cava di *Simitthus* e dei metalli della miniera di *Oum Teboul*, può aver influenzato l'intensità dell'insediamento fornendo la possibilità di esportare il surplus produttivo limitando il costo di trasporto via terra⁹. I siti rinvenuti variano dalla preistoria all'età moderna, ma è in un periodo che può essere indicativamente individuato tra II e VII secolo che si assiste alla maggiore densità insediativa con numerose fattorie, quasi tutte equipaggiate con una o più presse.

Per quanto riguarda le ricerche precedenti, l'opera Gsell, con la compilazione dell'*Atlas archéologique de l'Algérie*, benché indubbiamente importante, risulta essere molto meno approfondita della carta corrispondente in Tunisia con un numero molto basso di siti individuati. Come da lui stesso riportato nella prefazione, l'uso della scala a 1:200000 invece del 1:50000 (usata in Tunisia), è ritenuto sufficiente per delle zone che riteneva avere una densità minore di insediamento¹⁰. Il rapporto tra i siti individuati da Gsell e quelli individuati con le ultime ricognizioni è di 1:16¹¹.

⁷ *Tusca* in latino, secondo Plinio il Vecchio era il confine tra *Numidia* e *Zeugitana* (Plinio, *nat.*, 5, 22-3).

⁸ De Vos 2007b.

⁹ De Vos 2007b.

¹⁰ Gsell 1911.

¹¹ De Vos e Attoui 2011.

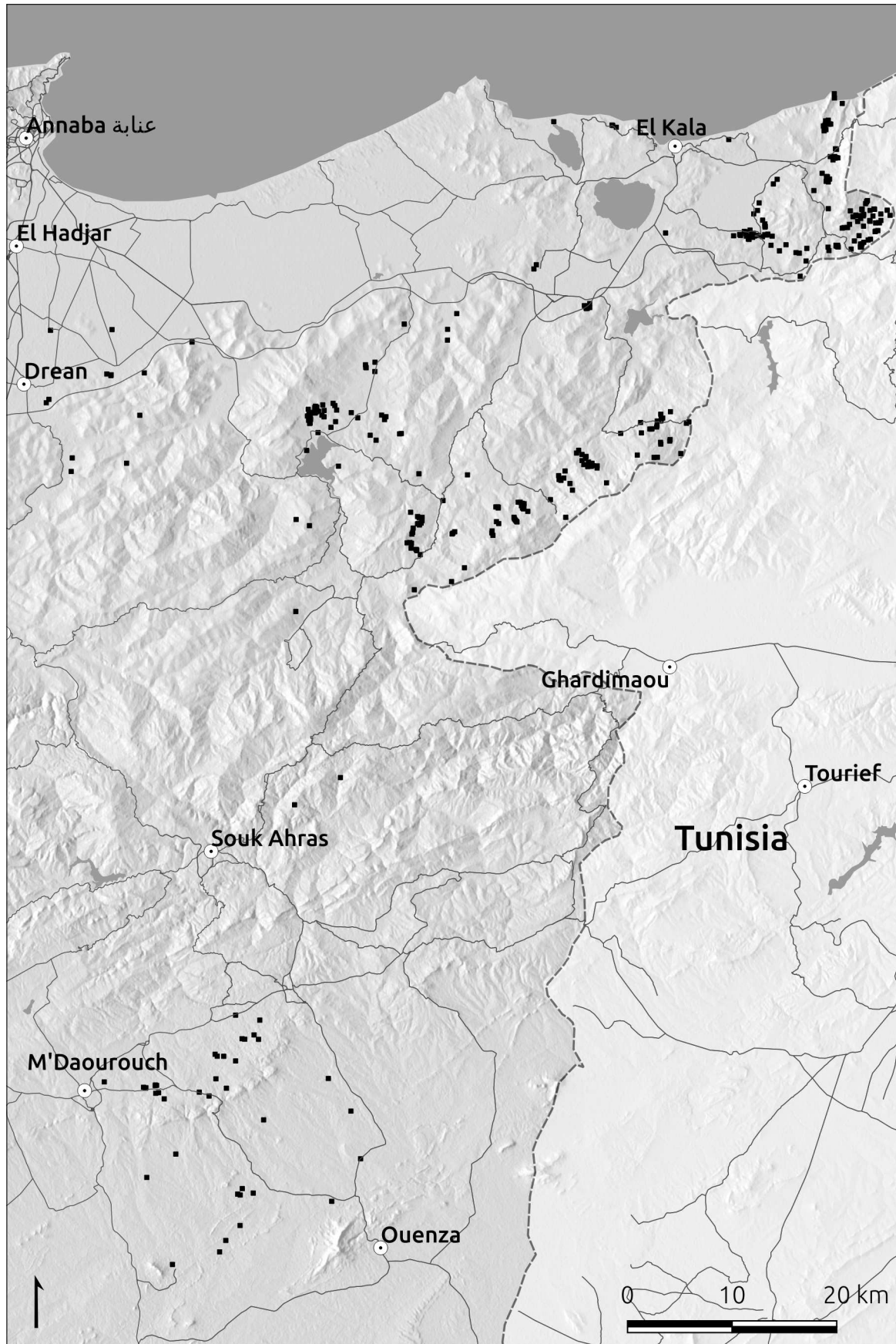


Figura 1.3: Carta di distribuzione dei siti rinvenuti in Algeria 2003-2011

1.2 Condizioni climatiche

	t.a.	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
Tebours.	817	115	104	92	76	44	23	7	15	48	87	91	116
Testour	647	89	82	72	59	34	16	4	11	41	76	72	92
Beja	832	120	110	93	77	42	20	5	13	46	91	95	122
El Krib	745	103	93	85	70	42	23	6	15	45	79	81	104
Media	760	107	97	85	70	41	21	5	13	45	83	85	108

(a) Tunisia

	t.a	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
El Tarf	781	118	102	89	71	40	18	3	10	40	82	91	119
El Kala	788	120	105	89	71	39	16	2	9	40	85	93	121
Besbes	691	105	87	78	61	36	16	2	9	35	73	82	107
Annaba	630	100	70	70	40	30	10		10	30	70	60	100
Media	722	111	91	81	61	36	15	2	9	36	77	82	112

(b) Algeria

Tabella 1.1: Precipitazioni nelle città più prossime alle zone indagate in Tunisia e Algeria (dati da <http://www.weatherbase.com>)

La zona indagata in Algeria rientra del gruppo delle regioni a clima semi-arido mediterraneo, con estati di caldo intenso e assenza di precipitazioni. Il sito della FAO¹² riporta la zona del *Tarf* nella fascia con precipitazioni medie annue tra i 475-724mm/annui e una temperatura media di 15,5-20 gradi celsius. In tabella 1.1b si può notare come la media delle precipitazioni nelle città più prossime alla zona indagata superi i 700 mm annui.

La regione di Thugga in tempi moderni è anch'essa a clima semi-arido, soggetta a fenomeni di carattere torrentizio e ad un'elevata erosione del suolo. E' tuttavia caratterizzato da nicchie micro-climatiche, come ad esempio il corridoio umido della valle dell'*Arkou*, o la forte variabilità termica orientata verso temperature basse di alcune regioni. L'orografia rende il territorio soggetto a flussi atmosferici variati, con venti frequenti e anche piuttosto forti, dovuti alle zone depresse del bacino del Mediterraneo che causano l'affluenza di aria calda dal deserto verso Nord¹³.

La tabella 1.1a indica come il livello delle precipitazioni sia sostanzialmente lo stesso che in Algeria, i due territori sotto questo aspetto non sono molto dissimili, nonostante la differente collocazione geografica, in un caso costiera nell'altro continentale. Anche la media delle temperature risulta simile nelle due zone come si può vedere in tabella 1.2.

Sono stati numerosi gli studi per determinare il clima di quest'area in epoca romana e quali differenze avesse rispetto al clima attuale. Spesso si ritiene che non dovesse essere molto differente da quello attuale¹⁴. In particolare Stéphane Gsell e Brian Herbert Warmington hanno confermato una sostanziale analogia tra il clima di età romana e quello attuale, ritenendo immutato il regime dei venti, le condizioni atmosferiche e i dati pluviometrici¹⁵, anche se tenendo conto di un maggior sfruttamento agricolo del territorio in epoca romana, vi possa essere stato un lieve inaridimento. Warmington respinge l'ipotesi di un lieve

¹²<http://www.fao.org>¹³De Vos 2000, p. 16.¹⁴Horden e Purcell 2000, pp. 179-80.¹⁵Gsell 1914, pp. 84-91; Warmington 1968, pp. 84-91.

inaridimento, attribuendo alla maggior capacità di gestione dell'acqua dei romani, la maggior estensione delle coltivazioni. Brent D. Shaw sottolinea che tali osservazioni sono tuttavia congetture, che non possono esser smentite o provate con certezza in mancanza di dati certi¹⁶.

Studi più recenti, basati su analisi geomorfologiche effettuate nel bacino del fiume *Medjerda* sembrano confermare un'effettiva maggiore umidità nel periodo romano con conseguente stabilità nei depositi fluviali¹⁷. Questi dati sembrano essere confermati anche da quelli palinologici, di Stevenson¹⁸ del 1993, raccolti a *Garaet el Ichkeul* nel nord-ovest della Tunisia, che riscontra nel periodo romano una fase di stabilità vegetativa e di Brun¹⁹, nel golfo di *Gabes*, che nell'aumento dei pollini di quercia vede un breve periodo di umidità. Al contrario nel periodo tardo-romano e soprattutto post-romano sembra attuarsi una fase più arida con un aumento dell'instabilità e delle alluvioni²⁰, di una vegetazione di tipo arido²¹. La presenza di una fase umida in età antica dal II secolo a.C. al III o forse fino al VI d.C. viene individuata anche nello studio dei depositi della valle di *Kébir-Miliane* nel nord-est della Tunisia²². Diversi altri lavori confermano queste oscillazioni tra periodi più umidi e periodi più secchi²³.

	m.a.	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
Teb.	16.8	8.6	9.6	11.1	13.8	18.2	23.1	26.1	25.9	23.1	18.4	13.4	9.8
Testour	18.2	10.4	11.3	12.7	15.3	19.5	24.0	26.9	26.8	24.4	20.0	15.1	11.5
Beja	17.3	9.4	10.5	11.8	14.4	18.6	23.3	26.0	25.8	23.6	19.1	14.2	10.6
El Krib	17.0	8.8	9.8	11.3	14.1	18.5	23.4	26.4	26.3	23.4	18.5	13.5	9.9
Media	17.3	9.3	10.3	11.7	14.4	18.7	23.5	26.4	26.2	23.6	19.0	14.1	10.5

(a) Tunisia

	m.a.	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
El Tarf	17.4	10.8	11.2	12.3	14.5	18.1	21.9	25.0	25.5	23.2	19.4	14.9	11.7
El Kala	17.7	11.3	11.7	12.7	14.8	18.2	22.0	25.1	25.5	23.5	19.8	15.4	12.2
Besbes	17.6	11.3	11.6	12.7	14.9	18.1	21.7	24.7	25.3	23.3	19.6	15.3	12.2
Annaba	17.0	11.0	12.0	13.0	15.0	18.0	21.0	24.0	25.0	23.0	20.0	15.0	12.0
Media	17.4	11.1	11.6	12.7	14.8	18.1	21.7	24.7	25.3	23.3	19.7	15.2	12.0

(b) Algeria

Tabella 1.2: Temperature nelle città più prossime alle zone indagate in Tunisia e Algeria

Per quanto riguarda la zona indagata in Algeria le ricerche portate avanti all'inizio degli anni 80 nella vicina palude di *Dar Fatma* (Tunisia)²⁴ mostrano una vegetazione molto simile all'attuale, con la quercia da sughero (*quercus suber*), la quercia algerina (*quercus canariensis*) e l'olivo (*olea*) presenti durante il Pleistocene. La quercia "*canariensis*", comunque era più presente (20-30%) di quella da sughero. Quest'ultima e l'*Erica arborea* iniziarono a sostituire

¹⁶Shaw 1985, p. 379.

¹⁷Faust *et al.* 2004, p. 1767.

¹⁸Stevenson, Phethean e Robinson 1993.

¹⁹A. Brun e Rouvillois-Brigol 1985.

²⁰Faust *et al.* 2004, p. 1771.

²¹A. Brun 1992, p. 36.

²²Bourgou e Oueslati 1987.

²³Leveau raccoglie i risultati di questi e di altri studi (Leveau 2009).

²⁴Ben Tiba e Reille 1982.

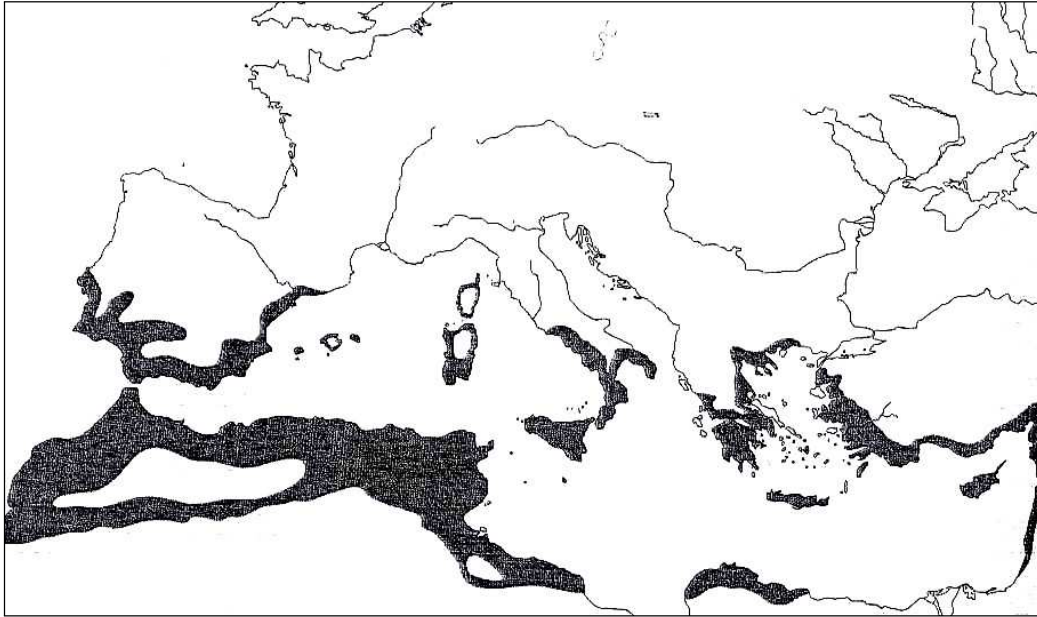


Figura 1.4: La diffusione naturale dell'olivo selvatico (J.-P. Brun 2003a, p. 126)

la quercia durante la prima metà del terzo millennio a.C., probabilmente a causa delle attività umane.

1.3 Origine della coltura dell'olivo

L'olivo coltivato (*olea europaea L. sativa*) deriva da quello selvatico (*olea europaea L. oleaster*), i cui frutti di piccola taglia danno poco olio²⁵, diffuso in tutto il bacino del mediterraneo, non si hanno dati certi per individuare la sua prima messa a coltura e le fasi di espansione. E' quasi certo comunque che sia nato in Oriente, tra Creta, le Cicladi e l'Asia Minore²⁶. Secondo Camps-Fabrer le popolazioni locali del Nord Africa, conoscevano già l'innesto degli oleastri prima dell'arrivo dei romani. Roma, di fatto, utilizzò l'esperienza cartaginese per estendere la cultura dell'olivo²⁷, che venne usata come strategia pacifica per sedentarizzare i nomadi, concedendo terreni che avrebbero dovuto coltivare²⁸. Nel I secolo d.C. Plinio scrive che l'Africa è praticamente senza olivi e viti, infatti la natura l'ha accordata quasi interamente a Cerere²⁹, non negandole vino e olio, ma procurandole gloria con i cereali. Due secoli dopo la situazione si è completamente rovesciata, infatti durante i Severi, la regione vede il suo massimo sviluppo³⁰ e l'investimento nella messa a coltura e produzione dell'olio, al punto che scrittori arabi del tempo della conquista mussulmana, descrivevano la zona tra Tripoli e Tangeri come una foresta di olivi³¹.

Le esigenze dell'*Olea Europea* sono diverse, nonostante la sua longevità e frugalità, è molto sensibile alle basse temperature (va in sofferenza già a 3-4 gradi e il legno si danneggia a -7 e una forte gelata porta alla morte di tutto l'apparato aereo), soffre l'ombreggiamento, il forte vento, l'eccessiva piovosità e l'umidità. Predilige terreni sciolti o di medio impasto, ben

²⁵J.-P. Brun 2003a, pp. 123-4.

²⁶Camps-Fabrer 1953, p. 11.

²⁷Camps-Fabrer 1953, p. 13.

²⁸Camps-Fabrer 1953, p. 20.

²⁹Plinio, *nat.*, 15, 8.

³⁰Camps-Fabrer 1953, p. 24.

³¹Besnier 1904, p. 165.

drenati. Non soffre la salinità, il che lo rende adatto alla coltivazione anche vicino i litorali. Risulta interessante la sua capacità di resistenza alla siccità, anche quando si protrae per diversi mesi, anche se gli stress idrici pregiudicano la produzione. Infatti, se si manifesta un periodo di siccità durante le fasi critiche, ossia fioritura e allegagione (indurimento del nocciolo e accrescimento del frutto), si ha una riduzione della percentuale di allegagione con una resa minore in olio. Tuttavia garantisce una produzione minima anche nelle condizioni di maggior siccità, il che lo rende adatto ai climi pre-desertici.

1.4 Metodologia della ricognizione

L'archeologia dei paesaggi ha come oggetto di studio i fattori che hanno condizionato l'insediamento, in ogni fase cronologica attestata³². La ricognizione è un metodo di indagine archeologica, non distruttivo, che fornisce informazioni sulle dinamiche di popolamento e sulla circolazione delle materie prime e dei materiali durante l'antichità. In archeologia, questo genere di studi a carattere regionale rivestono un'importanza sempre maggiore in quanto permettono l'analisi delle dinamiche storiche che hanno caratterizzato un territorio nel corso del tempo. Il *survey* è considerato l'approccio che fornisce in maniera più completa questo genere di informazioni richiedendo un utilizzo di risorse relativamente limitato. Naturalmente i dati così raccolte sono da approfondire attraverso lo scavo di uno o possibilmente più insediamenti per comprendere meglio i materiali provenienti dalle ricognizioni e per fornire dati sulle fasi insediative che la ricognizione può fornire solo in maniera parziale.

Il territorio del *Thugga Survey* è stato dapprima oggetto di campagne di ricognizione intensiva, durante la quali i ricognitori hanno percorso i campi a piedi in file parallele (*field walking*), contando tutti i frammenti di ceramica e raccogliendo tutti quelli significativi. Questa metodologia è stata applicata per un transetto di 2 km orientato est-ovest per una superficie totale di 69 km². A questo si sono aggiunte le indagini estensive che in diverse fasi hanno coperto l'estensione totale di 655 km². È stato inoltre effettuato lo scavo di una porzione dell'insediamento di Aïn Ouassel. I siti individuati sono stati rilevati sistematicamente con la stazione totale e geo-referenziati come anche le aree di spargimento di materiali. La densità³³ complessiva di materiali attestata sull'area di 69 Km² è di ca. 0,76 frammenti per m².

La ceramica è l'unica classe di materiali presente in quantità sufficiente da permettere un'analisi sistematica su ampie aree. Le ricognizioni forniscono in questo modo un quadro della circolazione di questo materiale, la variazione delle concentrazioni dovrebbe riflettere il cambiamento del livello della domanda da parte degli abitanti di un territorio³⁴. Inoltre i cocci sparsi sul terreno forniscono la "quarta dimensione" (il tempo) al palinsesto del paesaggio rurale³⁵. La tipologia di coltivazione influisce direttamente sulle modalità di conservazione del paesaggio archeologico. Ad esempio in alcune zone è ancora in uso l'aratro a trazione animale (fig. 1.5), mentre in altre come la valle del *Khalled*, è introdotto da molti anni l'uso di trattori e mezzi meccanici. Si può notare come la frammentazione della ceramica in questi campi aumenti di anno in anno. D'altra parte, i lavori agricoli favoriscono la restituzione dei materiali più antichi. In ogni caso, l'uso intensivo e continuo del paesaggio, soprattutto con l'introduzione di moderne pratiche agricole, provoca mutamenti significativi e porterà alla completa scomparsa dei siti antichi, soprattutto quelli di piccole dimensioni³⁶.

³²Attolini *et al.* 1991, p. 142.

³³De Vos e Attoui 2013, pp. 143-6.

³⁴Bintliff e Sbonias 2000.

³⁵Polla 2005, p. 22.

³⁶Polla 2005, pp. 44-5.

Come visto, la situazione in Algeria non permetteva l'utilizzo di una ricognizione intensiva basata sul *field walking*, in quanto la percentuale del territorio arato è molto ridotta e la maggior parte dei siti antichi si trova ora in zone occupate da fitta vegetazione. L'indagine nel territorio del *PNEK Survey* si è dunque basata su una ricognizione di tipo estensivo metodologicamente molto simile a quella attuata anche in Tunisia, basata sull'individuazione, il rilievo e la georeferenziazione dei siti³⁷. Tra i metodi della ricognizione estensiva se ne possono individuare quattro che forniscono i risultati migliori:

1. L'analisi dei risultati delle ricerche precedenti presenti in letteratura oltre alle carte archeologiche e topografiche
2. Lo studio della toponomastica
3. Le indicazioni provenienti dalla popolazione locale
4. La ricognizione dei punti del paesaggio che paiono promettenti



Figura 1.5: Aratura tradizionale in Tunisia (foto M. de Vos)

La gestione dei dati Per completare la breve introduzione alle metodologie è utile fare un accenno al metodo di gestione dei dati, che sarà trattato in maniera più approfondita nel capitolo 8.

La ricerca archeologia produce una mole di dati non facilmente maneggiabili. Per sfruttare al meglio il potenziale dei dati, negli ultimi decenni si è reso sempre più necessario l'ausilio dell'informatica. L'utilizzo di *softwares* di gestione e analisi rendono possibile non solo gestire enormi quantità di dati, ma anche porre interrogazioni e incrociare informazioni altrimenti ingestibili. In generale il *database* dà la possibilità di gestire il dato alfanumerico mentre il G.I.S. dà la possibilità di elaborare informazioni riferibili al territorio quindi geo-referenziate.

³⁷De Vos e Attoui 2011.

Al dato spaziale, vengono associate le informazioni contenute in un *database*. È quindi possibile incrociare una grande quantità di dati diversificati a scala differente e visualizzare l'organizzazione spaziale del paesaggio attraverso diversi filtri³⁸.

1.5 Analisi spaziali e locazionali

Per comprendere alcuni fenomeni nella loro totalità non si può prescindere dall'osservazione degli stessi all'interno dello spazio in cui avvengono, solo in questo modo si riuscirà a comprenderne la complessità. Lo studio delle dinamiche insediative di lunga durata è connesso all'analisi geografica finalizzata a indagare i cambiamenti nel corso del tempo dell'organizzazione dei siti. Le variabili su cui si possono basare questi cambiamenti sono di tipo ecologico, storico e spaziale³⁹. L'analisi spaziale è un settore vasto e trasversale a molte discipline, con approcci metodologici differenziati che vanno dal topologico allo statistico, alla rappresentazione grafica.

In particolare le discipline scientifiche hanno quindi iniziato ad avvalersi di metodi e procedure tipiche delle discipline geografiche, intese proprio come scienza dello spazio e della distribuzione spaziale⁴⁰. In virtù di questa diffusione in discipline scientifiche, l'applicazione della statistica e delle analisi spaziali in archeologia dei paesaggi diventa una consuetudine verso metà degli anni 70 del secolo scorso. L'ausilio di queste analisi per le indagini archeologiche inizia all'interno della corrente della *New Archaeology*, che interiorizzate le metodologie e i processi tipici delle materie scientifiche, ne applica i principi e le procedure. Anche l'archeologia inizia quindi, prendendo esempio dalle materie scientifiche, ad interessarsi alle analisi che si basano sui modelli economico-geografici tedeschi (Von Thünen, A. Weber e W. Christaller). Così come inizia un periodo di entusiasmo verso le possibilità d'indagine di queste analisi, si forma un movimento critico all'interno del pensiero post-processuale, che solleva dubbi sulla validità e applicabilità in ambito archeologico non solo dei modelli geografici, ma dei metodi e dei principi propri della scienza. Molteplici sono gli aspetti oggetto di critica verso un'impostazione percepita come meccanicistica e riduttiva, il principale è sicuramente il non ritenere corretto applicare il metodo scientifico (che si basa sui principi di misurabilità e ripetibilità) allo studio delle casistiche che riguardano le scelte insediative e a fattori difficilmente codificabili, come le consuetudini comportamentali di un gruppo umano. Ci si oppone dunque alla supposta convinzione che nella matematica si possa trovare un principio ineluttabile⁴¹. Oggi si è ridimensionato il dibattito su questo tema e il metodo scientifico viene applicato con razionalità e ben consci dei limiti e dei punti di forza. Con il variare del campo di studi, l'archeologia quantitativa resta, tutt'oggi quindi, una disciplina che gode di attenzioni e approfondimenti continui, come dimostrano le numerose riviste, manuali e convegni ad essa dedicati.

Coscienti delle possibili criticità dell'applicazione dei metodi scientifici di analisi geografica, si è deciso di andare ad esplicitare nei prossimi capitoli gli obbiettivi, le riflessioni teoriche e metodologiche ed infine le procedure utilizzate nel prosieguo del lavoro, con una riflessione critica sull'effettiva applicabilità dei metodi statistici all'analisi spaziale. Si ritiene però ora necessaria una brevissima introduzione agli aspetti principali della tradizione dei modelli economico-geografici, che sono alla base di tutte le analisi spaziali, al fine di comprenderne i presupposti teorici e gli obbiettivi.

³⁸Van Hove 2004, p. 4.

³⁹Sanders 1997.

⁴⁰Macchi Jánica 2009, p. 28.

⁴¹Barnes 2003, p. 91.

I modelli economico-geografici

La tradizione dei modelli economico-geografici nasce da un desiderio di spiegare le dinamiche sociali all'interno di determinati spazi geografici, si cerca di non limitarsi a descrivere lo spazio geografico dell'uomo, ma anche di ricomporlo attraverso l'identificazione delle logiche che ne regolano le forme di occupazione sociale⁴².

Uno dei più noti ricercatori di questo campo è Walter Christaller, che insieme ad altri ricercatori tedeschi (Loesch, Von Thuenen, Weber) ha posto le basi e ideato i modelli fondamentali⁴³. Fattore comune nei modelli da questi proposti è che a determinare i processi non è più l'ambiente o la natura, ma sono le regole economiche prima ancora di quelle sociali: accesso e distanza dalle risorse, dai mercati, beni, servizi, accesso alle strade. La chiave è la distanza di costo e l'accessibilità, e su questo si basano le gerarchie degli agglomerati.

E' utile considerare più da vicino quei modelli, per lo più sviluppati da studiosi tedeschi, che più hanno influenzato la metodologia di analisi, e che più hanno trovato riscontro negli studi archeologici, influenzando la *forma mentis* di questo settore di studi.

I Poligoni di Thyssen Il modello più noto, quello dei poligoni di Thyssen, vuole trovare la regola che determina il confine ideale che delinea l'area di pertinenza di un determinato insediamento. Il modello si traduce in poligoni convessi, che rappresentano l'area di pertinenza di un centro, che risiede nel centro geometrico del poligono. Ne risulta uno spazio suddiviso in una rete di poligoni con all'interno sempre un solo punto⁴⁴. In pratica, ogni punto del poligono viene generato per essere più vicino al centro rispetto che a qualsiasi altro punto del poligono stesso⁴⁵. Il modello immagina un dato territorio costituito da più centri, il confine tra le aree di pertinenza dei vari centri si muove sull'asse perpendicolare della retta che li congiunge⁴⁶). Un limite evidente è che necessita di territori distinti e che non si sovrappongano, il che implica che il modello va applicato a siti omogenei, con un livello pari di importanza. Per questo motivo, e per il fatto che la mappa di siti noti deve essere il più possibile completa, i poligoni di Thyssen sono particolarmente utili per lo studio delle città⁴⁷.

Lo stato isolato di Von Thuenen E' Von Thuenen che osserva nel dettaglio l'area intorno al centro abitato, definendo una logica nella distribuzione spaziale nella produzione agricola, con un modello chiamato *dello stato isolato*. Von Thuenen ha osservato una distribuzione ad anelli concentrici delle risorse coltivate: nelle zone più vicine al centro si ha una produzione di ortaggi e prodotti caseari, oltre la quale ci sono i boschi per l'approvvigionamento del legno, nell'anello successivo si trovano altri tipi di coltivazioni specializzate, mentre nell'anello più distante si trova l'allevamento che finisce in un anello di terre incolte. La distribuzione non è casuale, ma segue logiche spaziali in relazione all'economia, quindi alla maggior efficienza e convenienza, rispetto alla natura stessa dei prodotti e delle esigenze di conservazione, lavorazione e trasporto. Il fulcro in questo modello è di fatto il mercato cittadino⁴⁸.

I modelli di Christaller e Loesch Il mercato cittadino, insieme ad altri servizi offerti, sono invece gli aspetti determinanti e predominanti ai fini dell'organizzazione gerarchica secondo il modello di Christaller: non è la dimensione del centro ad esser importante, ma i

⁴²Macchi Jánica 2009, p. 74.

⁴³Macchi Jánica 2009, p. 75.

⁴⁴Cambi e Terrenato 1994, p. 238.

⁴⁵Macchi Jánica 2009, pp. 78-79.

⁴⁶Macchi Jánica 2009, p. 82.

⁴⁷Cambi e Terrenato 1994, pp. 238-239.

⁴⁸Macchi Jánica 2009, p. 85.

servizi che esso offre⁴⁹. Christaller è il primo a formulare un modello che delinea funzioni e costituzione delle gerarchie tra i siti:

Ma come possiamo trovare una spiegazione generale per le dimensioni, il numero e la distribuzione delle città? E come possiamo scoprire le leggi che le regolano? Può forse la ricerca geografica fornire una spiegazione?⁵⁰

Per Christaller l'area di pertinenza di un città è delineata dalla portata di un dato servizio, distanza entro la quale è fattibile accedervi e risulta più conveniente. La logica prende spunto dai modelli di Weber e Thuenen, ma viene introdotto il concetto di importanza di un centro, che non dipende dal numero di abitanti. In questo modello i fattori determinanti sono: convenienza, concorrenza e profitto, rapportati sempre al costo del trasporto. La forma grafica del modello, è quella di un alveare, la cui maglia è determinata dall'incrocio dello schema dei poligoni di Thyssen e delle località inferiori, intermedie. Si creano dei territori chiamati "complementari" che si sovrappongono, ma non hanno tutti la stessa dimensione, maggiori sono i servizi offerti da una data città, maggiore sarà l'area del suo territorio complementare⁵¹. A sviluppare il modello di Christaller in modo innovativo è Loesch, che considera lo spazio geografico articolato in un sistema coerente a livello di produzione, consumo, collegamenti, scambio, trasporto, amministrazione e governo e dove tutti questi fattori interagiscono come nella realtà. La teoria di Christaller dei luoghi centrali, ottimizzata da Loesch, è una delle più diffuse, poiché tenendo conto dei livelli gerarchici del sistema e del numero dei siti minori attribuibili a ogni sito maggiore, definisce la disposizione ideale dei siti rurali, mostrandone l'evoluzione dinamica. Data la loro natura astratta, poco si applicano nei casi pratici dell'archeologia, e sono ancora oggetto di dibattito sulla loro effettiva applicabilità agli studi di ipotesi⁵².

Questa natura astratta è stata ben sintetizzata da Janica⁵³:

Generalmente l'analisi locazionale viene considerata come prodotto, e con esso confusa, del determinismo classico. È vero invece tutto il contrario. I modelli dell'analisi locazionale si basano su postulati del tipo causa ed effetto, ma è vero che l'agente che determina i processi o le reazioni non è più l'ambiente, o la natura. L'organizzazione della geografia umana sembra condizionata in primo luogo dalle regole economiche e, in seconda istanza, dalle regole sociali. Prova concreta del fatto che questa branca della geografia poco ha a che fare con il determinismo classico e il fatto che la quasi totalità di tali modelli viene prodotta all'interno di un cosiddetto "spazio ideale". Ovvero uno spazio euclideo ed isotropico: cioè una pianura perfettamente piatta e sconfinata caratterizzata da qualità fisiche e fertilità omogenee.

Questi modelli non sono dunque caratterizzati dal determinismo ambientale, anzi ricadono nell'eccesso opposto, la realtà geografica si trova ad essere appiattita e privata di tutti i suoi attributi fisici, lo spazio isotropico rappresenta un modello caratterizzato da una sintesi eccessiva della realtà⁵⁴. Questa caratteristica, assieme alla considerazione che questi modelli hanno ancora un ruolo importante e una certa applicabilità ma solo nel campo delle ricerche regionali, porta ad una loro non-applicabilità ai dati che si intendono analizzare in questo

⁴⁹Macchi Jánica 2009, p. 104.

⁵⁰Christaller 1980, p. 27.

⁵¹Macchi Jánica 2009, pp. 106-107.

⁵²Cambi e Terrenato 1994, p. 242.

⁵³Macchi Jánica 2009, pp. 75-76.

⁵⁴Macchi Jánica 2009, pp. 76-77.

lavoro e alla necessità di trovare altri tipi di analisi. L'obiettivo di base, senza dubbio ambizioso, rimane sempre lo stesso, cercare di comprendere le logiche di occupazione e sfruttamento del territorio unendo però alle regole economiche anche quelle ambientali.

1.6 Le tipologie e la definizione di sito

La definizione di sito è una questione complessa oggetto di discussione per decenni e che non può essere sintetizzato in poche righe. I concetti di *site* e *off-site* sono entrati nei lavori degli archeologi dei paesaggi ma ancora non c'è un accordo su come distinguere l'uno dall'altro⁵⁵, su come analizzarli o interpretarli⁵⁶. Ci si limiterà dunque ad illustrare quale sia stata la definizione utilizzata nel raccogliere i dati che questo lavoro analizza. Dal principio della ricerca⁵⁷ si è scelto di definire sito *qualsiasi concentrazione di materiale antico superiore a 4 elementi su 1 m²*.

Anche la definizione di tipologia di un sito è una questione non sempre facilmente risolvibile, in primo luogo perché un sito non sempre si presenta in uno stato di conservazione tale per cui possa esserne definita con sicurezza la funzione. Inoltre un sito può avere assunto diverse funzioni nel corso dei vari periodi storici in cui è stato frequentato. Per questi motivi il *database* dei siti su cui si è basato questo lavoro era organizzato secondo un campo tipologia che definiva l'interpretazione di quale fosse la principale funzione del sito (tab. 1.3) e una serie di campi di tipo booleano (*TRUE/FALSE*, sì/no) ad indicare alcune tra i più comuni elementi, strutture o tipologie che possono essere presenti in un sito⁵⁸.

acquedotto	mausoleo
agglomerato	miliario
antiquarium	muro
area_fittili	mzara
briglia	necropoli
canaletta	ponte
casa moderna	pozzo
cava	pozzo d'ispezione
cisterna	recinto
città	specus
concentrazione_pietre	strada
cultuale	struttura
diga	tempio
fattoria	terminus
fortezza	tomba
invaso	tumulo
Koubba	villa

Tabella 1.3: Alcune tipologie di siti

Nel presente lavoro si andranno ad analizzare i siti che presentano il campo oleificio compilato con *TRUE*. Naturalmente anche questo campo è soggetto ad un'interpretazione e non include necessariamente tutti i siti in cui è stato ritrovato almeno uno degli elementi di

⁵⁵Bintliff 2000, p. 200.

⁵⁶Si vedano ad esempio de Haas 2012, pp. 61-4 e Banning 2002, pp. 19-20.

⁵⁷De Vos 2000, p. 9.

⁵⁸Ad esempio: cisterna, abside, villa, acquedotto, tomba, chiesa, tempio, marabut, fortezza, **oleificio**.

pressa che si analizzeranno in seguito. Quando è possibile determinare con certezza che in un dato sito che presenta un elemento di pressa, non si svolgevano operazioni di pressatura, come ad esempio una cava (vedi fig. 2.15), il campo viene compilato *FALSE*.

1.7 Densità dei siti e delle presse

1.7.1 *Thugga Survey*

La zona intorno alla città di *Thugga* è stata oggetto di diverse campagne di ricognizione intensive ed estensive 1994-1999 che hanno riguardato un'area di circa 251 km^2 di cui 69 coperti da ricognizione intensiva ed il restante da ricognizione estensiva e dallo scavo 1994-1996 dell'insediamento rurale di *Aïn Ouassel*, a 12 Km da *Thugga*. In questa prima fase son stati identificati 564 siti⁵⁹.

Nel 2007- 2008 sono state riprese le indagini topografiche che hanno portato il totale dei siti documentati a 634 siti su una superficie totale (comprensiva delle ricognizioni precedenti) di 369 km^2 .

Nelle campagne 2012-2014 è stata intrapresa la ricognizione della superficie corrispondente al foglio dell'AAT 33 portando l'area totale coperta a 658 km^2 e i siti schedati a 796.

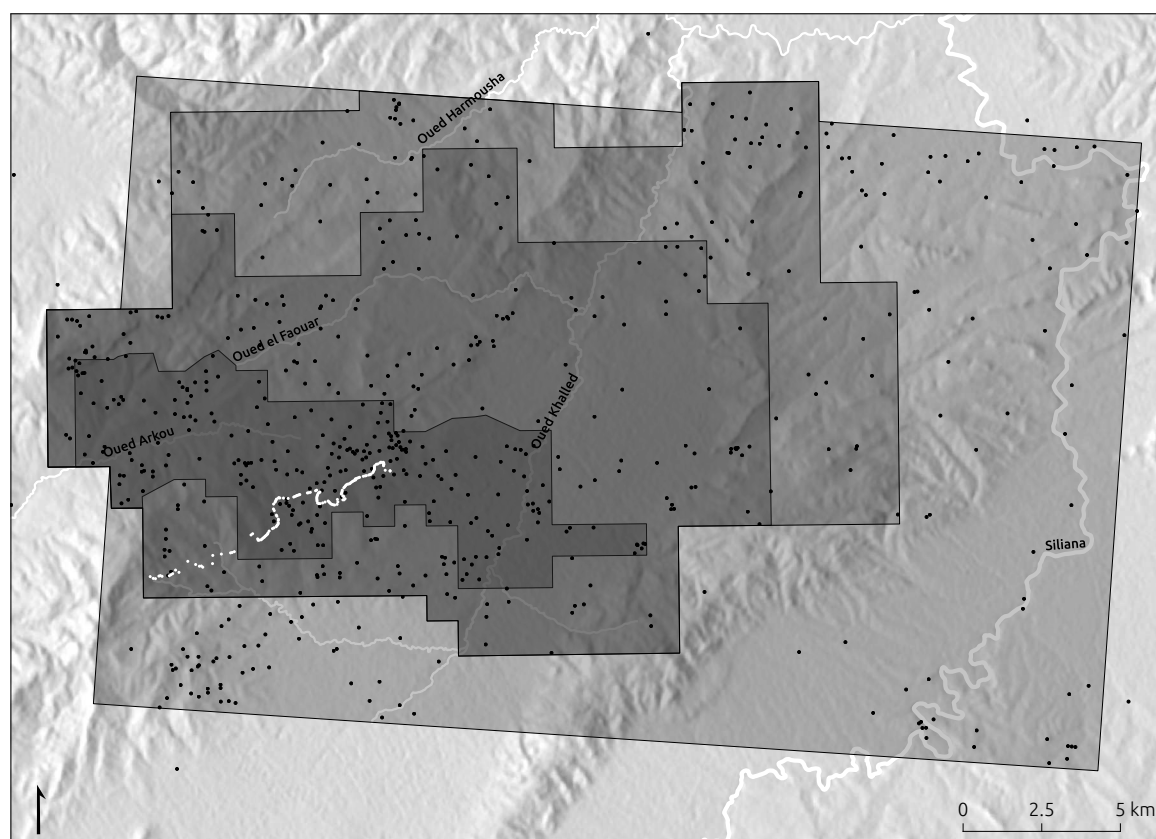


Figura 1.6: Le ricognizioni in Tunisia, la zona più scura corrisponde alla ricognizione intensiva le altre a quelle estensive. In bianco i siti relativi all'acquedotto

Andando ora ad analizzare le densità dei siti si veda la tabella 1.4. Nella parte in alto (tab. 1.4a) vengono considerate tutte le tipologie di siti, la densità di siti per km^2 è evidentemente

⁵⁹De Vos 2000.

	siti	anni	area	siti_kmq
Intensiva 1994-9	360	4	68.49	5.25594621515492
Estensiva 1994-8	227	4	182.26	1.2454786886655
Estensiva 2007-8	80	2	116.84	0.684686406826878
Estensiva 2013-4	129	2	287.94	0.448007549997313
Totale	796		655.53	1.21428462465486

(a) Tutti i siti

	siti	anni	area	siti_kmq
Intensiva 1994-9	223	4	68.49	3.25576668327652
Estensiva 1994-8	187	4	182.26	1.02601107832797
Estensiva 2007-8	74	2	116.84	0.633334926314862
Estensiva 2013-4	121	2	287.94	0.420224136043991
Totale	605		655.53	0.922917334065565

(b) Densità escluse acquedotto, strade ecc.

	siti	anni	area	siti_kmq
Intensiva 1994-9	159	4	68.49	2.32137624502676
Estensiva 1994-8	167	4	182.26	0.916277273159199
Estensiva 2007-8	74	2	116.84	0.633334926314862
Estensiva 2013-4	116	2	287.94	0.402859502323165
Totale	516		655.53	0.787149329550135

(c) Densità escluse anche le concentrazioni fittili

Tabella 1.4: Densità di siti e intensità ricognizione

dipendente dall'intensità della ricerca con la zona ricognita in maniera più intensiva che presenta 5.26 siti per km^2 e quella meno intensivamente solo 0.45.

Questa relazione deve però essere in una certa misura ridimensionata in quanto vengono prese in considerazione alcune tipologie di sito che non riguardano propriamente gli ambiti di questa ricerca, nella seconda tabella (tab. 1.4b) sono dunque stati esclusi i siti urbani, quelli relativi all'acquedotto di *Thugga* e quelli relativi alla viabilità, soprattutto la strada da Cartagine a *Theveste* ma anche quelle rurali ed infine i cippi di confine. In questo modo l'immagine dell'insediamento rurale è un po' meno distorta, distorsione causata soprattutto dai 150 siti relativi all'acquedotto⁶⁰ che ricadono, per la maggior parte, all'interno dell'area indagata intensivamente. Nella seconda tabella si nota come il numero di siti subisca un brusco calo solo per quanto riguarda la zona a ricognizione intensiva mentre il calo è più modesto per le altre.

Se si vanno ora ad eliminare anche le tipologie di sito definite concentrazioni fittili e concentrazioni di pietre (tab. 1.4c), che sono quelle che più facilmente sfuggono ad una ricognizione di tipo estensivo, si nota che i dati tendono a convergere maggiormente ma sono ben lontani dall'essere paragonabili. Si conferma dunque come l'intensità della ricerca sia correlata alla densità di siti individuati.

⁶⁰De Vos, Attoui e Battisti 2014.

Prendendo invece in considerazione l'intensità di questa relazione questa deve però probabilmente essere ridotta rispetto a quella che appare dai dati in tabella. Ciò perché è necessario considerare due aspetti, il primo che la ricognizione intensiva include quasi solo terreni che sono adatti all'insediamento umano mentre le altre, soprattutto le ultime due, includono vaste aree montagnose ove l'insediamento umano doveva essere già in antico molto meno denso. Il secondo che la ricognizione intensiva comprende le immediate vicinanze della città di *Thugga*, la più importante della regione, ed è dunque legittimo aspettarsi una maggiore concentrazione di siti nelle sue immediate vicinanze. La misura in cui questi fattori abbiano influito sul tasso di ritrovamento e dunque sulla densità è però difficilmente quantificabile.

Densità presse La densità del numero di presse per km² è un parametro spesso citato per definire la produttività dei territori analizzati. Generalmente questo rimane, tra le zone a densità più alta, al di sotto di una pressa per km². Brun⁶¹ riporta 0.8 per la regione di *Kasserine* e di 0.7 per la zona di *Thala-Tlili*. Sehili⁶² per *Djebel Semmama* riporta invece una densità di circa 0.3 presse per km². Hobson⁶³ riassumendo i risultati delle ricognizioni svolte all'interno del progetto della carta archeologica della Tunisia e di altri progetti di ricognizione, riporta densità molto più ridotte. Eccezion fatta per quelle già citate, tutte le altre si trovano al di sotto delle 0.3 presse per km², anche se in questo caso il fattore dell'intensità delle ricognizioni della carta archeologica risulta in parte determinante.

Nella zona del *Wadis Turgut* in *Tripolitania* Ahmed⁶⁴ riporta più di 200 presse per 115 km², quindi poco meno di 2 presse per km².

	prese	anni	area	prese_kmq
Intensiva 1994-9	139	4	68.49	2.02937923307371
Estensiva 1994-8	170	4	182.26	0.932737343934514
Estensiva 2007-8	88	2	116.84	0.753155047509566
Estensiva 2013-4	97	2	287.94	0.336873894184026
Totale	494		655.53	0.753588699220478

Tabella 1.5: Densità presse

Nelle prime due ricognizioni la densità è molto elevata, ciò può essere legato al numero di presse che si trovano all'interno delle città, si propone dunque una tabella in cui queste sono state escluse dal calcolo (tab. 1.6).

	prese	anni	area	prese_kmq
Intensiva 1994-9	136	4	68.49	1.98557968128075
Estensiva 1994-8	152	4	182.26	0.833976919282625
Estensiva 2007-8	88	2	116.84	0.753155047509566
Estensiva 2013-4	86	2	287.94	0.298671699998209
Totale	462		655.53	0.704773236922795

Tabella 1.6: Densità presse non contando le città

⁶¹J.-P. Brun 2004a, p. 226.

⁶²Séhili 2008b, pp. 784-5.

⁶³Hobson 2012, p. 114.

⁶⁴Ahmed 2010, p. 232.

Anche l'eliminazione di questo fattore non altera significativamente i valori complessivi, la densità massima è sempre attorno alle 2 presse per km² e quella media di 0.7, attestandosi comunque tra le più alte rilevate per la Tunisia, nonostante la scarsa densità rilevata nel *survey* più recente. È evidente che sia la ricognizione degli anni 2013-4 ad abbassare notevolmente la media, l'intensità piuttosto bassa di questa ricognizione può aver influito sul tasso di rinvenimento anche se è indubbio che, soprattutto nella zona più meridionale della regione ad est della *Fossa Regia* (pianura) e nella parte montuosa del *Djebel ech Cheidi*, il numero di oleifici doveva essere effettivamente minore. L'effettiva densità minore di oleifici in queste zone può essere intravista confrontando le tabelle 1.4c e 1.6. Si può notare come la densità di presse nella seconda sia, per le altre ricognizioni maggiore o di poco inferiore (nel caso della ricognizione intensiva) alla densità dei siti (indicando dunque in media circa una pressa ogni sito). Al contrario nell'ultimo caso è la differenza è più evidente (0.33 presse km² contro 0.4 siti km²) indicando, in media, una densità di presse per siti inferiore.

1.7.2 Parco Nazionale di El Kala, Algeria

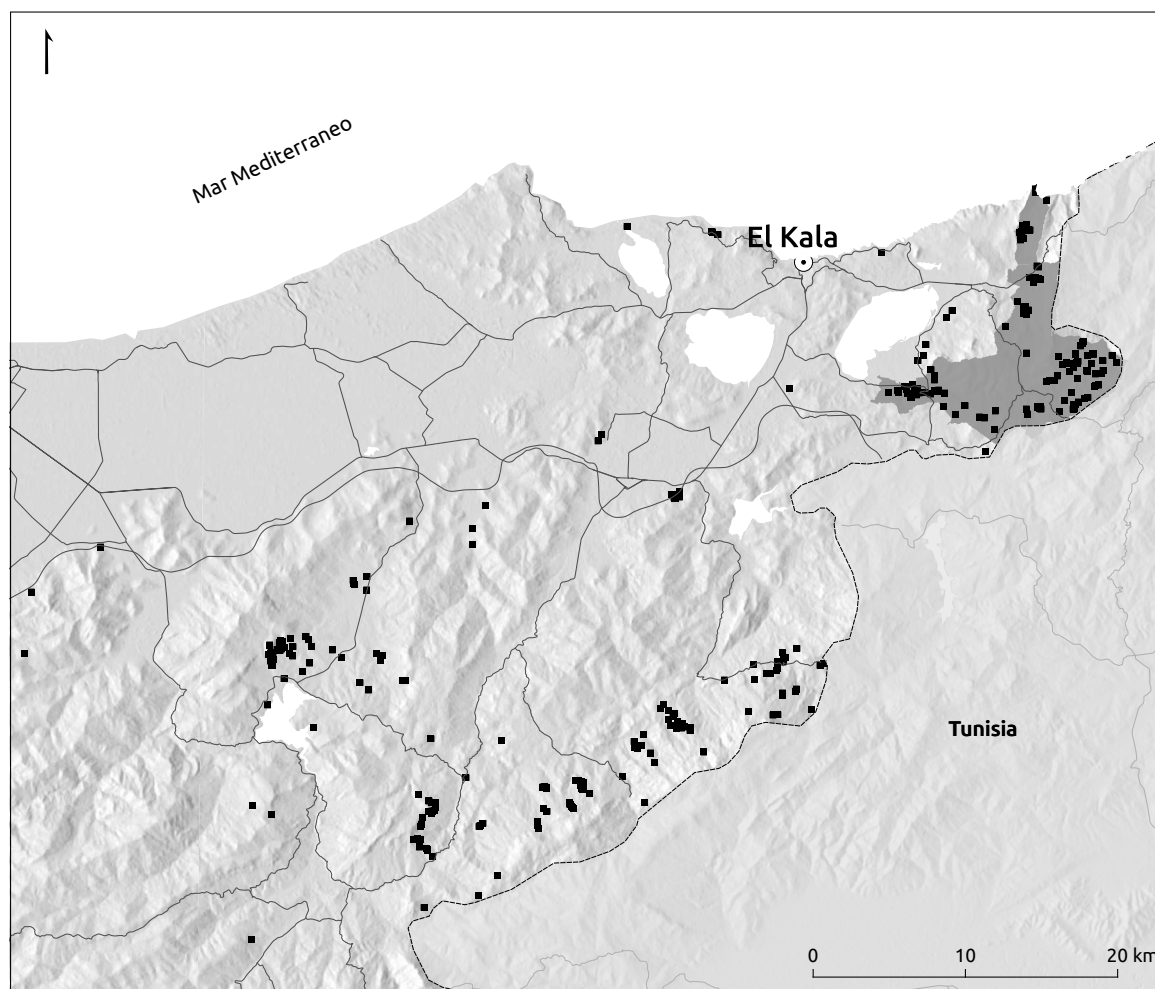


Figura 1.7: La ricognizione in Algeria (parte settentrionale), la zona campita in grigio scuro corrisponde alla porzione analizzata della ricognizione del Parco Nazionale di *El Kala* (*PNEK Survey*)

Per la ricognizione nella parte settentrionale del parco nazionale di *El Kala* la situazione è più semplice, in quanto il calcolo delle densità non sarà suddiviso dal momento che la ricognizione è stata svolta in tre anni con una strategia uniforme. Le densità in questo caso saranno calcolate per l'area, di poco meno di 90 km², che sarà utilizzata nelle analisi dei capitoli successivi, descritta in sezione 5.6.2 e riportata in figura 1.7.

1. La densità dei siti è di poco superiore ad un sito per km².
2. La densità delle presse è di quasi 3 presse per km².

Se la densità dei siti non risulta essere particolarmente rilevante, il numero di presse per km² è al contrario estremamente elevato, è dunque lecito ritenere che questa attività fosse quella principale della zona. D'altra parte, come si vedrà in seguito, quasi tutti i siti che possono essere identificati come fattorie presentano almeno una pressa.

In questi ultimi paragrafi si è visto dunque come la presenza di torchi sia una costante in entrambe le regioni e anzi la loro densità risulta essere tra le più alte tra tutte le regioni nordafricane. L'importanza di questa attività economica all'interno di questi territori è dunque fuori di dubbio e ciò ci permette di ipotizzare che essa abbia avuto effetti anche sulle scelte insediative. Nel capitolo seguente si analizzeranno più nel dettaglio le tipologie di sito che si dedicavano a questa attività e le tipologie di pressa.

2

OGGETTO DI STUDIO

2.1 Tipologia di siti

In questa sezione si andranno a descrivere le tipologie di sito che saranno oggetto delle analisi statistiche dei capitoli seguenti. Questo servirà per comprendere le motivazioni di alcune scelte nelle modalità di definizione e le caratteristiche del sotto-gruppo di siti che sarà oggetto di studio.

Limitandoci alla descrizione dei siti a carattere produttivo, la prima osservazione che è indispensabile effettuare è che in entrambe le zone indagate ci si trova di fronte ad una tipologia di insediamento molto differente da quella presente in altre zone della stessa Tunisia. Al contrario di regioni come *Sbeitla*, *Kasserine* e *Djebel Semmama*, è evidente come sia molto rara in questi luoghi la presenza di fattorie specializzate, che siano dotate di strutture di pressatura in batteria, costruite e pensate fin dall'inizio per questo scopo. Per comprendere meglio la differenze è necessario descrivere questa tipologia di strutture.

I grandi siti produttivi La regione di *Djebel Semmama*¹ ha almeno tre esempi di siti specializzati con installazione di presse in batteria. *Henchir El Begar* 1 e 2, il primo aveva almeno 12 presse in batteria mentre il secondo ne aveva otto, in entrambi i casi le presse erano all'interno di un unico edificio. Vi è poi *Henchir Torbkhana* anch'esso con 8 presse.

Nella regione di *Kasserine*, K225 e il meno conservato K223, presentano 4 presse ciascuna². Mattingly ha calcolato che lavorando a piena capacità dovevano produrre 40,000-80,000 litri di olio, circa 4000-8000 alberi maturi, circa 160 ettari³. Si trattava chiaramente di un sito importante, con un investimento notevole.

Addyman ha studiato siti simili intorno a *Sbeitla*, trovando esempi con 6 presse⁴, arrivando a contare per il Sito 61 (*Henchir el Oust*) tra le 12 e 20 presse.

Questi siti di notevoli dimensioni, con tutto l'apparato produttivo di cui necessitavano e quindi dell'investimento che rappresentavano, sono all'apice della gerarchia degli insediamenti. Sono testimonianza dell'esistenza di vaste proprietà, spesso appartenenti a personaggi illustri, come senatori. Sotto di questi esiste una notevole varietà di altri siti, con dimensioni variabili,

¹Séhili 2008a, 2009, pp. 218-38.

²Hitchner 1990.

³Hitchner 1990, p. 255.

⁴Addyman 1962, p. 64, citato in Hobson 2012, p. 126.

talvolta villaggi produttivi, altre oltre siti isolati con una o due presse, che avevano un piccolo territorio di pertinenza⁵.

Tra i 500 circa presse singole individuate nel *Thugga Survey*:

1. In 26 casi si è certi di una pressa doppia.
2. Solo in 6 casi vi è la presenza di una pressa tripla.
3. In tutti gli altri 400 e più casi non si è potuto verificare con certezza che le presse fossero allineate.

La situazione è simile anche per il *PNEK Survey*.

Nonostante la possibilità che lo stato di conservazione possa aver influito parzialmente su questo dato è comunque fuori di dubbio che la tendenza generale registrata debba essere considerata corretta.

Nel caso dei territori qui indagati ci si trova dunque di fronte ad insediamenti, sia di piccole o grandi dimensioni che possono includere un numero di presse talvolta paragonabile, o nel caso degli agglomerati anche superiore, a quello dei grandi oleifici in batteria ma che sono dislocate in tutto l'insediamento mancando quindi di prove evidenti di un cospicuo investimento iniziale o di un'unica proprietà. È infatti probabile che queste presse appartenessero a proprietari differenti soprattutto nel caso degli agglomerati. È bene sottolineare però che la costruzione delle presse sia un investimento comunque significativo, la cui produzione doveva essere in buona parte destinata al mercato, infatti la produzione per l'autoconsumo può essere ottenuta attraverso altri metodi meno costosi come semplici presse a mano⁶.

2.1.1 Agglomerati

Dal momento che l'obiettivo è quello di studiare le modalità di insediamento in rapporto alla produzione non possono essere prese in considerazione quindi la tipologia dell'agglomerato e tanto meno quella della città, non potendo considerare la produzione di olio, che pure vi si svolgeva, come rilevante nel determinare la scelta del luogo di insediamento.

2.1.2 Ville

Nel corso dell'impostazione delle campagne di ricognizione la definizione di villa è stata volutamente poco utilizzata nell'interpretazione e nella assegnazione dei siti a delle tipologie, questo per diversi motivi⁷:

1. non creare confusione tra il concetto antico e quello moderno di villa
2. il concetto antico, per quanto sia possibile definirlo a partire dalle fonti, presuppone una tipologia larga e fluida, rustica, urbana, suburbana, di *otium* o una combinazione di queste categorie e differiscono a seconda dell'area geografica
3. la definizione si trasforma nel corso della storia romana

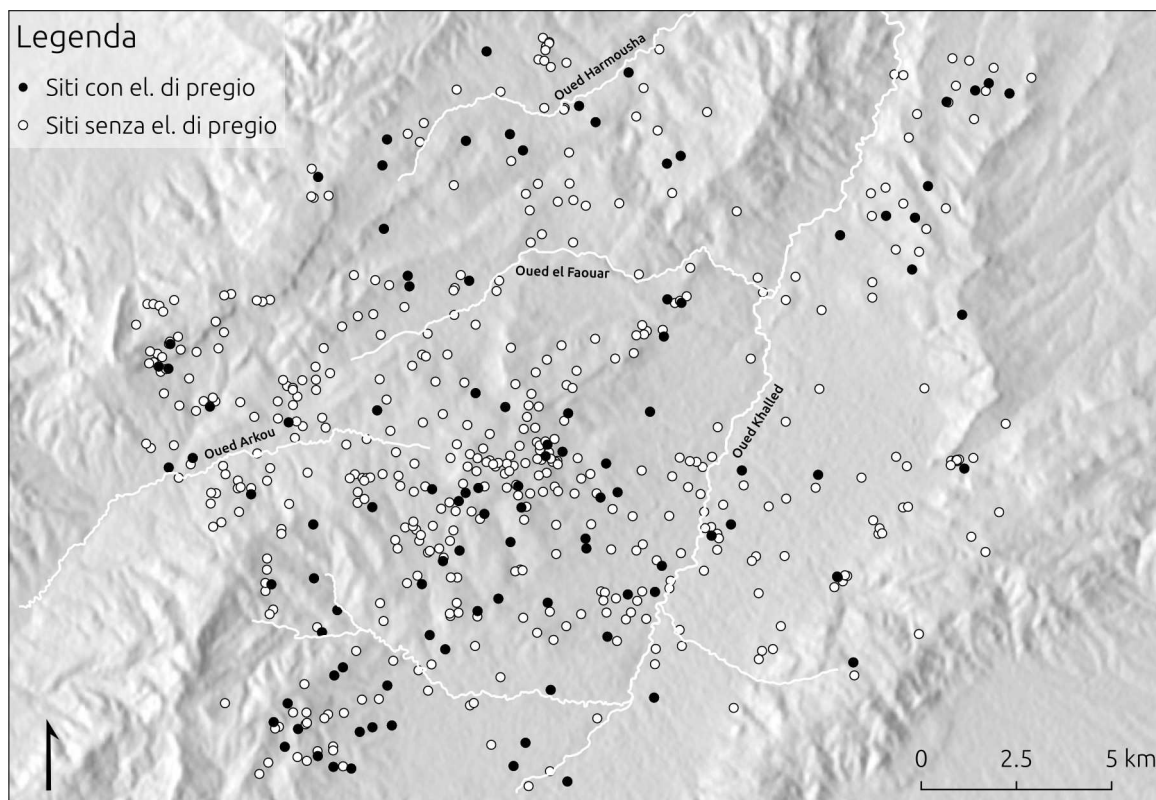
Kehoe⁸ ritiene che il termine *villae* dei *coloni*, riportato nell'iscrizione di *Henchir-Mettich* si riferisca di fatto a normali fattorie.

⁵Hobson 2012, p. 128.

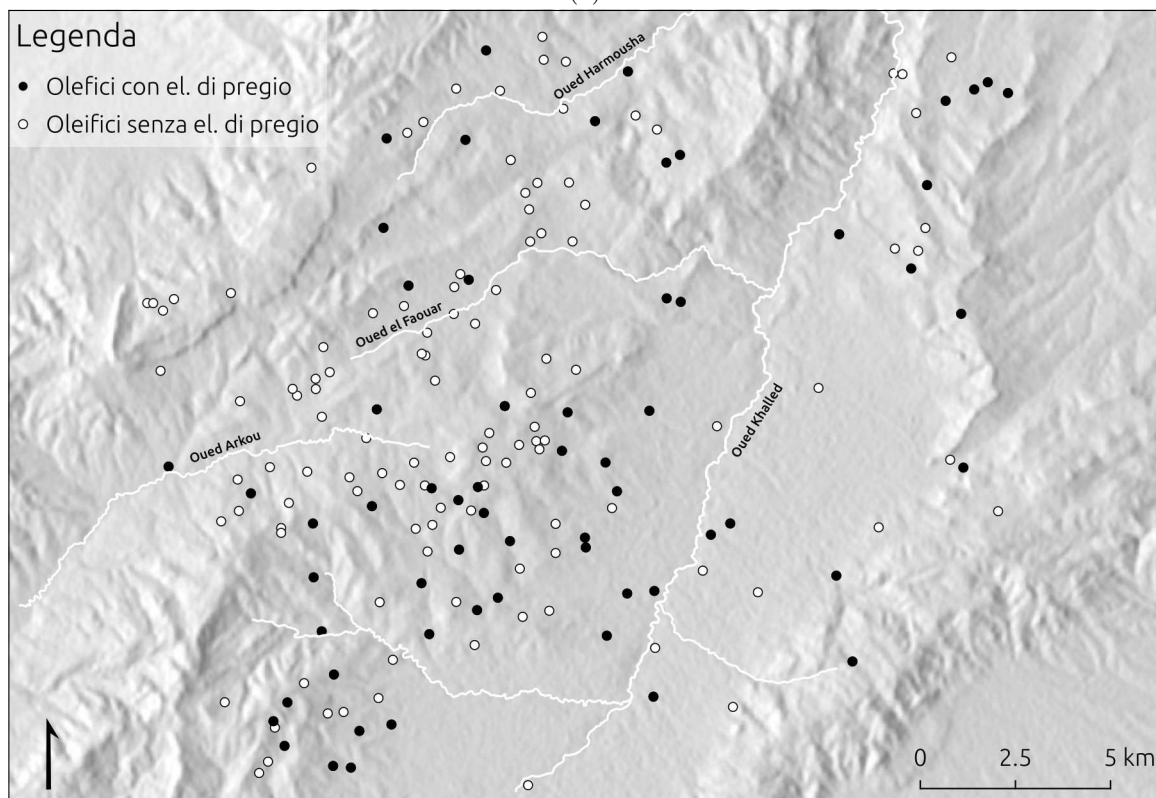
⁶Barker *et al.* 1996, p. 287.

⁷De Vos 2000, pp. 9-10.

⁸Kehoe 1988, p. 97.



(a)



(b)

Figura 2.1: I siti (a) e in particolare gli oleifici (b) che hanno riportato la presenza di elementi di pregio (*Thugga Survey*)

Generalmente l'interpretazione di un insediamento come *villa* avviene attraverso l'identificazione dello stesso di elementi di pregio, che possono essere mosaici, decorazioni architettoniche, bagni riscaldati, intonaci dipinti. Sicuramente in entrambi i territori esistevano siti che corrispondevano ad almeno una di queste caratteristiche. A tal proposito si possono citare il sito DU182 del *Thugga Survey* e *Ksar Fatma* (di cui si propone una ricostruzione della facciata in figura 2.6b) per il *PNEK Survey*. Fatta eccezione però per questi siti che hanno conservato, chiaramente leggibili, delle caratteristiche di un livello alto di committenza, negli altri casi meno conservati non è sempre possibile assegnare i siti a questa tipologia con tanta sicurezza.

In figura 2.1 si riportano i siti che presentano decorazioni architettoniche, in gran parte si tratta di colonne, capitelli o cornici. Poco più di un terzo dei siti con pressa ha restituito almeno uno di questi elementi. Questi siti si dispongono in maniera uniforme nel territorio, eccezion fatta per il versante nord della valle di *Oued Arkou* e il *Djebel Gorraa*.

Nonostante la relativamente alta frequenza di siti che riportano questo genere di materiale di pregio, si è preferito in questa sede continuare a non utilizzare il concetto di *villa* ma di definire i siti in funzione della loro vocazione produttiva, quindi in base al numero di presse, oppure alla presenza di un settore abitativo oltre che produttivo.

2.1.3 Fattorie

Non utilizzando il concetto di villa, tutti gli insediamenti produttivi rurali, vengono dunque classificati genericamente come fattorie. Naturalmente all'interno di questa definizione così larga finiscono siti molto differenti che vanno dall'insediamento piuttosto esteso, composto da più di un edificio, al piccolo oleificio isolato, restano comunque esclusi gli abitati maggiori, classificati come agglomerati.

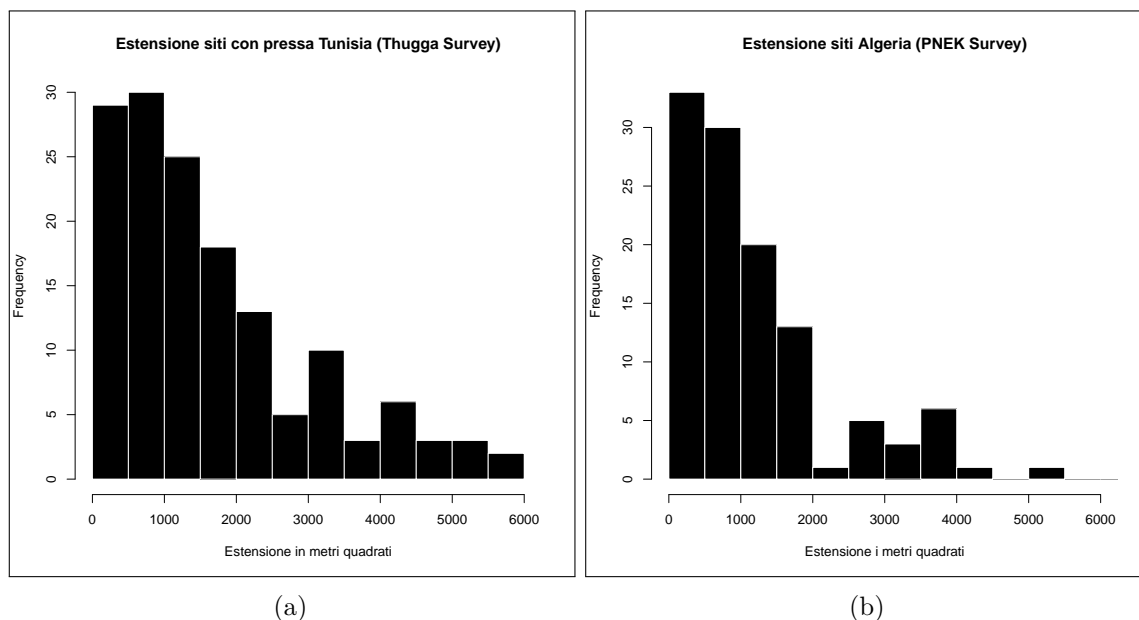


Figura 2.2: Dimensione dei siti con pressa in Tunisia (*Thugga Survey*) (a) ed in Algeria (*PNEK Survey*) (b)

Una delle differenziazioni che è possibile effettuare è quindi quella di valutare la superficie del sito. In figura 2.2 sono riportate le dimensioni degli insediamenti con pressa relativi alle due aree di studio. Come si può notare esistono notevoli somiglianze, in entrambi i casi

le prime due fasce, quelle relative ai 500 e ai 1000 m², sono le più rappresentate, con un successivo calo nelle attestazioni. L'unica differenza degna di nota risulta essere la maggiore rappresentazione di siti medio-grandi nella regione del *Thugga Survey* rispetto a quella ricognita in Algeria. Ci si trova dunque di fronte a due tipologie di insediamento piuttosto simili in cui numericamente prevalgono le piccole e medie fattorie con una maggiore presenza di siti estesi in Tunisia. Questa può essere messa in relazione anche con il maggior numero di potenziali "*villae*" in Tunisia, che come si è visto rappresenterebbero circa un terzo dei siti con pressa, mentre la presenza di materiali di pregio nel *PNEK Survey*, benché attestata in diversi casi, è presente in maniera minore.

Si può proporre una suddivisione all'interno di questa tipologia così ampia distinguendo tra i siti che avevano anche funzioni abitative da quelli che avevano invece solo funzioni produttive. Questi ultimi sono naturalmente i siti meno estesi, dunque quelli con un tasso di rinvenimento più basso e, spesso, un livello di conservazione minore. Tuttavia è possibile individuare questa tipologia come presente in entrambi i territori, essa potrebbe essere ulteriormente suddivisa in due sottogruppi con in comune la tendenza ad essere mancanti di parti abitative; i *torcularia* isolati e le presse rupestri.

Torcularia isolati

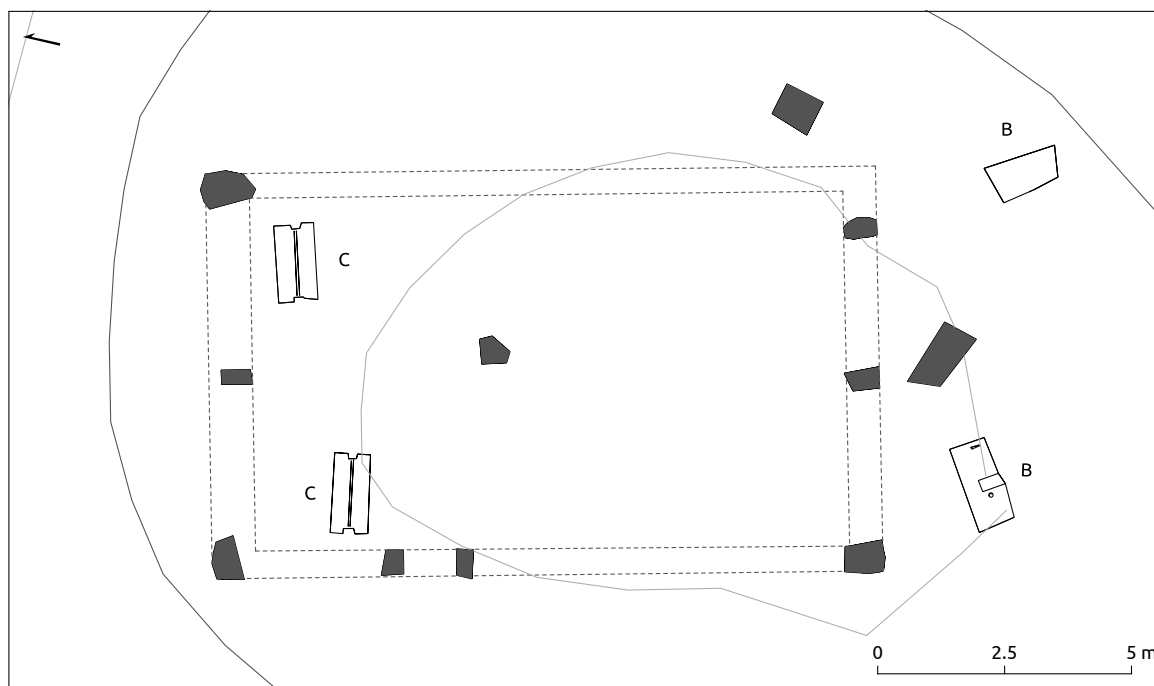


Figura 2.3: Sito DU160, solo *torcularium*, B=incastro, C=contrappeso

Gli insediamenti produttivi isolati e composti unicamente da una camera dedicata alla pressatura sono piuttosto frequenti nelle ricognizioni in nord Africa. Sono ad esempio stati individuati da Leveau nell'entroterra di Caesarea di Mauretania⁹, da Ben Baaziz a *Oued el Htab*¹⁰, nell'*Aurès*¹¹, da Foxhall in Grecia¹².

⁹Leveau 1984, p. 434.

¹⁰Ben Baaziz 1985, p. 209.

¹¹Morizot 1993.

¹²Foxhall 2007, p. 137.

Nel *Thugga Survey* sono da citare almeno due insediamenti esemplari in questo senso, il sito DU205 (figg. 2.6a e 2.7) e il sito DU160 (fig. 2.3). Questi edifici hanno entrambi pianta rettangolare composta da una sola camera interamente occupata dal *torcularium*, in entrambi i casi composta da due presse parallele. Ciò indica che l'edificio doveva essere utilizzato solamente nella stagione della spremitura e dipendeva direttamente da un proprietario che poteva investire sulla costruzione di due presse e dell'edificio che le conteneva unicamente in vista della produzione di olio. Si doveva trattare quindi di un personaggio con la possibilità ma anche la volontà di investire.

La seconda tipologia di siti prettamente produttivi risulta essere quella delle presse rupestri.

Presse rupestri

Una categoria molto diffusa in tutto il bacino del Mediterraneo è quella delle presse rupestri. Sono state documentate, benché con notevoli variazioni anche all'interno della stessa regione, in Israele¹³, Turchia¹⁴, Tunisia¹⁵, Algeria¹⁶, in Francia¹⁷ e sono anche molto frequenti in Italia centro-meridionale¹⁸. Queste secondo Brun, per quanto strutture primitive, sono raramente databili con certezza ad un'età anteriore a quella romana¹⁹ e sono comunque utilizzati ampiamente in età medievale e anche contemporanea.

Questa tipologia di pressa è stata rinvenuta principalmente durante le ricognizioni in Algeria (40) ed un unico esemplare è invece attestato nella ricognizione del *Thugga Survey*. In Algeria queste si compongono, nella loro forma più frequente (fig. 2.5), di un incastro (sez. 2.4.3), una base di pressatura (sez. 2.4.4), un *calculatorium* (sez. 2.4.7) e una vasca di raccolta (sez. 2.4.6). Le strutture considerate, tranne qualche eccezione, possono essere ricondotte ai tipi B21 e B3 della tipologia di Brun²⁰.

La caratteristica più rilevante di queste strutture, oltre alla modalità della loro costruzione, è che spesso conservano ciò che può essere definito *calculatorium*, che sarà descritto in maggiore dettaglio in seguito (sez. 2.4.7), ossia una superficie ricavata all'interno della roccia circondata da pareti che la rendevano impermeabile e dunque utilizzabile oltre che per la pressatura anche per la pigiatura dell'uva. La struttura in questi casi può dunque essere ricondotta alla produzione di vino più che di olio.

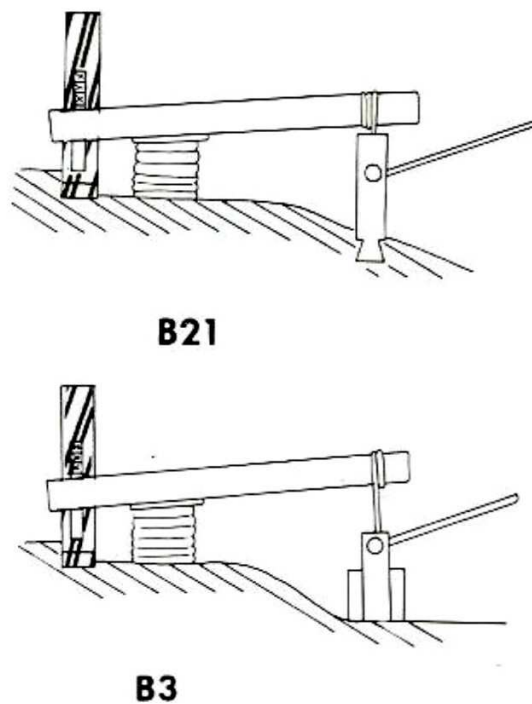


Figura 2.4: Tipologie di presse rupestri (J.-P. Brun 1986, p. 86, fig. 28)

¹³Ahlström 1978; Frankel 1999; Eitam 1993.

¹⁴H. Brandt e Kolb 2005.

¹⁵Naddari 2007, 2011.

¹⁶Nell'*Aurés* (Morizot 1993) e nella *Grande Kabylie* (Laporte 1985).

¹⁷J.-P. Brun 1986.

¹⁸Una panoramica sulla situazione italiana in Masi 2005, Toscana (Quilici 1988, 1993), Sardegna (Satta 1994), Ischia (Olcese 2010), Sicilia (Acquaviva 1995) e Calabria (Sculli 2002; Zanoni 2007).

¹⁹J.-P. Brun 2007, pp. 56-7.

²⁰J.-P. Brun 1986.

Queste tipologie si dispongono nel territorio, per forza di cose, influenzate dalla disponibilità della materia prima e possono dunque trovarsi talvolta isolate, oppure nelle immediate vicinanze di un insediamento. La loro conformazione può inoltre variare notevolmente da caso a caso, si trovano infatti presse con uno, due o nessun incastro, con o senza *calcatorium*, possono inoltre non avere vasche o averne anche più d'una. La loro conformazione così variegata, impone dunque di valutarne il funzionamento e dunque il tipo di produzione, caso per caso più che come una singola tipologia.

Come si vedrà alla fine di questo capitolo proprio queste considerazioni riguardo all'interpretazione sul prodotto di questa tipologia di presse sarà, in parte, utilizzato per restringere la regione che sarà indagata nelle analisi dei capitoli successivi.

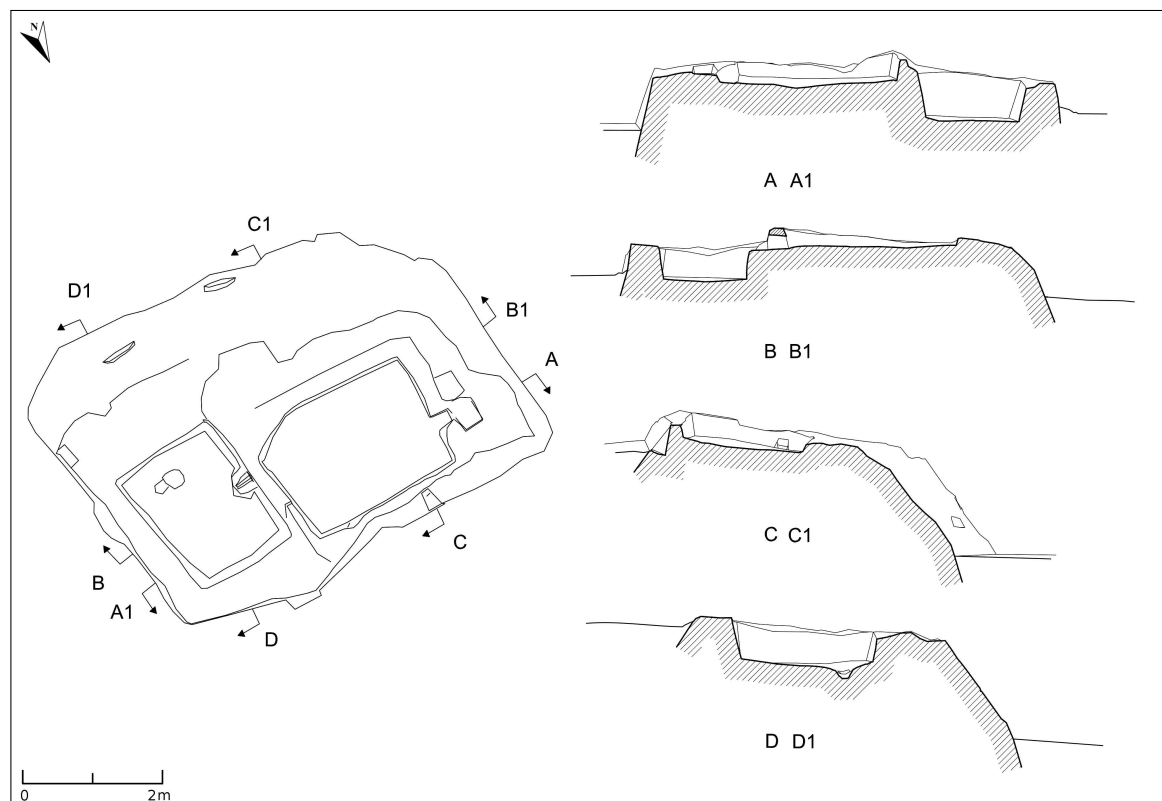


Figura 2.5: La pressa rupestre AK020, con due incastri perpendicolari tra loro, *calcatorium* e vasca di raccolta

2.2 Tecniche costruttive

Pavimenti

La pavimentazione è la parte che si conosce meno nel dettaglio in quanto per ovvie ragioni in una ricognizione di superficie questa non è visibile. In base ai dati raccolti sono testimoniati pavimenti in cotto, in *opus figlinum* e in mosaico a tessere di grandi dimensioni (circa 2 cm di lato) a volte in associazione con l'incastro di una pressa²¹.

²¹De Vos 2008, pp. 272-3.



(a) DU205



(b) Ksar Fatma

Figura 2.6: Proposte ricostruttive tridimensionali dell'interno del *torcularium* del sito DU205 (a) e della facciata settentrionale della *villa* di Ksar Fatma (b)

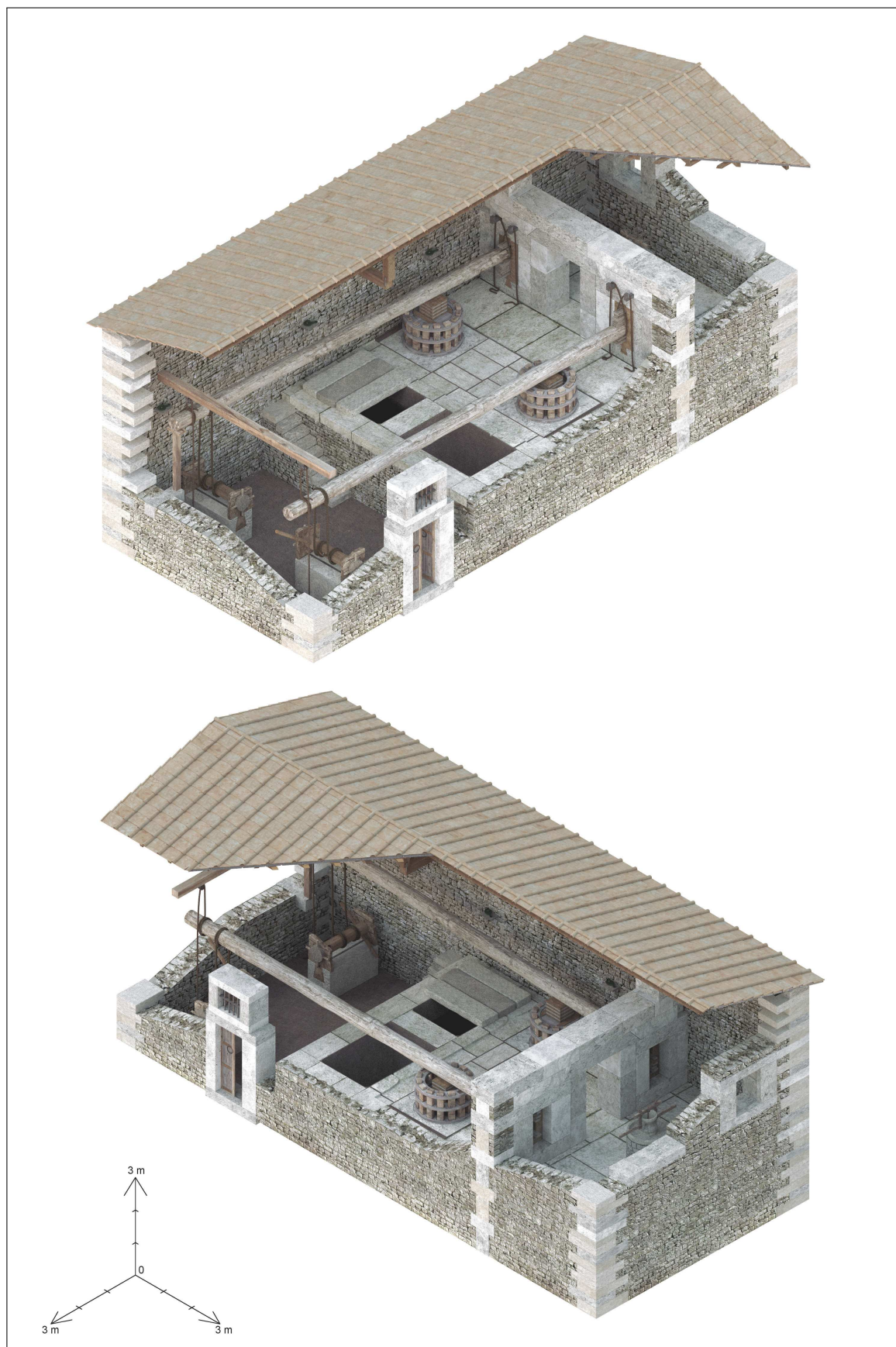


Figura 2.7: Assonometria ricostruttiva del sito DU205



Figura 2.8: Algeria, sito AK001, ricostruzione dell'ipotesi olio



Figura 2.9: Algeria, sito AK001, ricostruzione dell'ipotesi vino

Murature

La tecnica più diffusa per la costruzione delle fattorie in entrambe le aree di studio è il cosiddetto “*opus africanum*”. È una tecnica “a ossatura e riempimento”, costituita da catene verticali di blocchi nelle quali si alternano pietre verticali e orizzontali²², con specchiature in *opus vittatum* o *petit appareil* (fig. 2.10a). L’origine di questa tecnica è ritenuta da alcuni di origine Cartaginese, è in un certo senso simile all’opera a graticcio, un’opera a telaio litica. La rarità del legno unita all’abbondanza di pietra nel Nord Africa è stata probabilmente determinante per la nascita di questa tecnica. In epoca romana essa diventa esclusiva e sistematica di questa regione²³.

Gli ortostati verticali sono solitamente di spessore pari a quello del muro, mentre la specchiatura è formata da due paramenti di *opus vittatum* riempiti di cementizio (fig. 2.10b). Gli ortostati presentano spesso delle “bugne” sui lati esterni, cioè dei rettangoli centrali sporgenti dopo la sgrossatura degli spigoli finalizzati al miglior accostamento di due blocchi contigui²⁴ ma avevano anche finalità estetiche infatti non è raro trovarvi delle decorazioni. Le bugne possono anche essere rivolte verso l’interno del muro per una migliore adesione tra i blocchetti e gli ortostati, generalmente legati con malta²⁵.

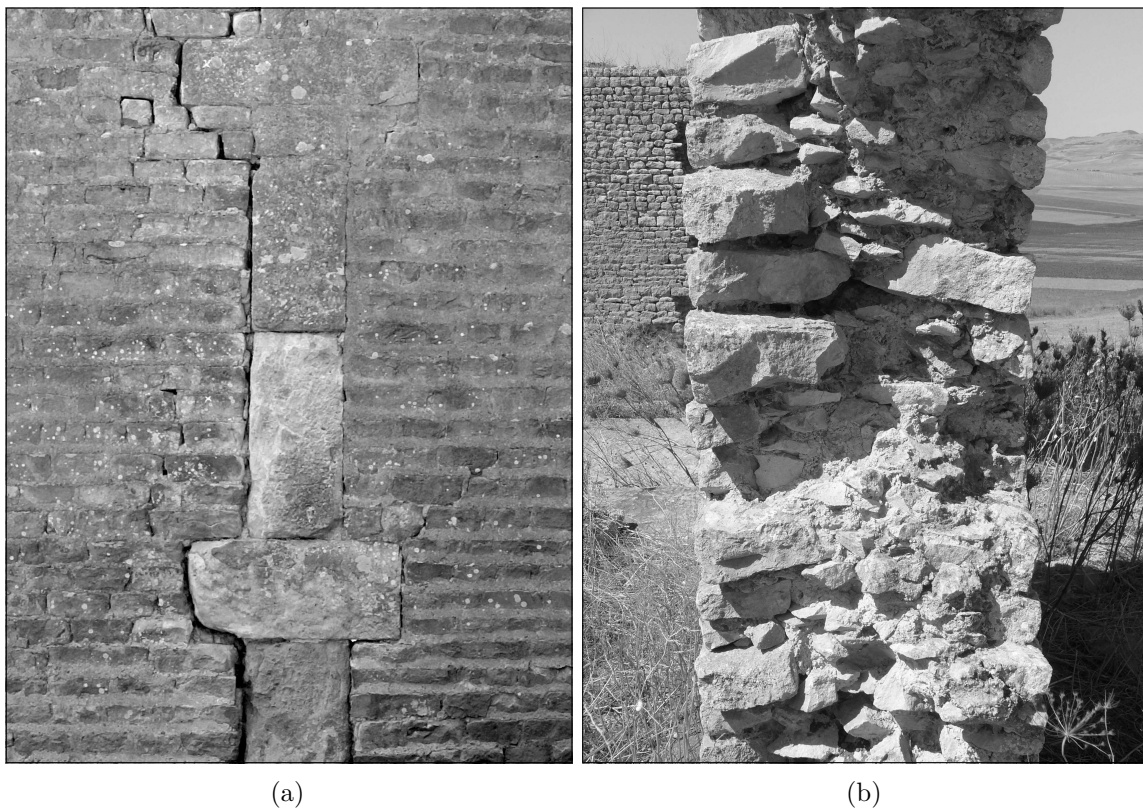


Figura 2.10: Il prospetto (a) e la sezione di un muro in *opus africanum* (foto M. de Vos)

Gli interstizi possono essere coperti da uno strato superficiale di malta, pressato all’interno degli stessi tramite una accurata stilatura. I telai degli ortostati sono spesso così solidi da essere rimasti in piedi anche senza le specchiature in *petit appareil* o in *vittatum*²⁶.

²²Adam 1988, p. 131.

²³Adam 1988, pp. 130-1.

²⁴De Vos 2008, p. 278.

²⁵De Vos 2008, p. 278.

²⁶De Vos 2008, p. 278.

Coperture

Nella zona indagata la copertura era in prevalenza basata su spioventi e tegole piuttosto che sulla copertura a terrazza come invece altri studiosi ritengono per quanto riguarda altre zone della Tunisia²⁷. A testimoniare ciò vanno addotte le prove del *Thugga survey* dove poco meno del 50% dei siti (123 su 259) che hanno restituito ceramica rivela la presenza di coppi, embrici od entrambi. Quando si vanno a considerare invece i siti con pressa (siti che quindi sicuramente avevano almeno un edificio) la percentuale sale al 60% (60 su 100). Considerando la possibilità che in alcuni siti non siano stati rinvenuti questi materiali per fattori legati alla visibilità o alla conservazione, si può ritenere che la grande maggioranza dei siti utilizzassero questa tipologia di copertura.

2.3 L'approvvigionamento del materiale

La pietra da costruzione è dunque un elemento fondamentale sia per la tecnica edilizia, che non fa uso di laterizi se non in casi molto rari, che per gli elementi lapidei della pressa. Frequentemente dunque si trovano cave nelle immediate vicinanze degli edifici rurali²⁸.

La tecnica di estrazione comunemente utilizzata consisteva nel ricavare delle tacche cuneiformi a distanze regolari che attraverso l'uso di cunei in legno o metallo permettevano di tagliare la roccia seguendo la vena della stessa ottenendo in questo modo blocchi regolari²⁹. Il procedimento per separare la roccia con i cunei varia a seconda del materiale in cui erano costruiti, se erano di metallo venivano percossi con una mazza, quelli di legno invece venivano bagnati e dilatandosi facevano spaccare la roccia³⁰.

Uno tra gli esempi meglio conservati di cava si trova nel sito DU728, documentato nel corso della ricognizione 2013³¹ (fig. 2.12). In questo sito sono visibili i segni del lavoro di coltivazione della cava. L'utilizzo dei cunei (fig. 2.12a) e l'estrazione dei blocchi. Su tutta la superficie infatti sono presenti molto chiaramente le tracce della subbia, che aiutano ad riconoscere le fasi di estrazione.

Comprendere le modalità di costruzione di estrazione e di lavorazione della materia prima può servire a comprendere meglio un aspetto fondamentale nella processo di insediamento di un nuovo sito su territorio e dunque cercare di comprendere se è possibile utilizzare questo elemento come variabile nelle analisi dei prossimi capitoli.

Sono due gli indizi che ci aiutano a capire come venissero costruite gli elementi lapidei delle presse: le tracce lasciate dagli strumenti utilizzati per costruirli e alcuni esempi di elementi abbandonati in fase di realizzazione, in cui il lavoro era appena stato iniziato.

Principalmente tre tipologie di tracce vengono ritrovate sulla roccia che sono identificabili come segni di lavorazione, lasciate da due tipi di strumenti:

1. Solchi diagonali non troppo profondi, non necessariamente paralleli tra loro che vengono trovati soprattutto sulle pareti verticali.

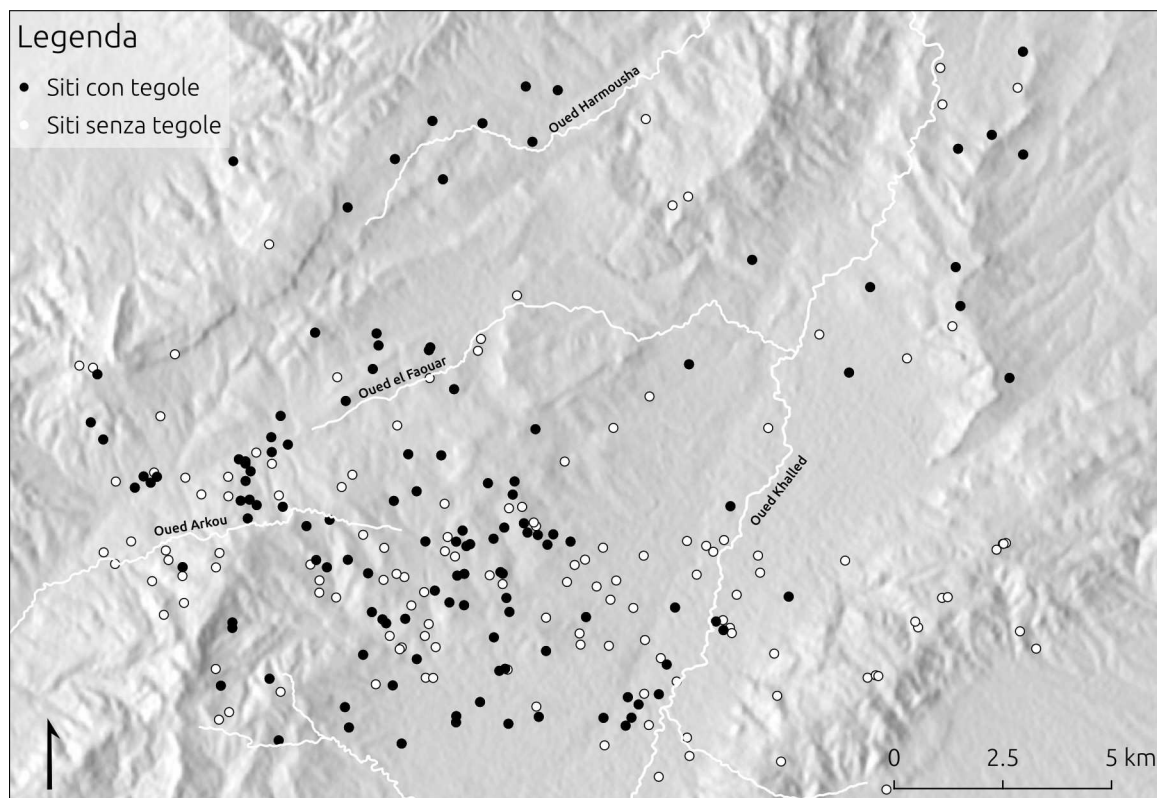
²⁷Cfr. Fentress 2011, p. 848, in riferimento alla zona di Jerba.

²⁸De Vos e Attoui 2015a, p. 641.

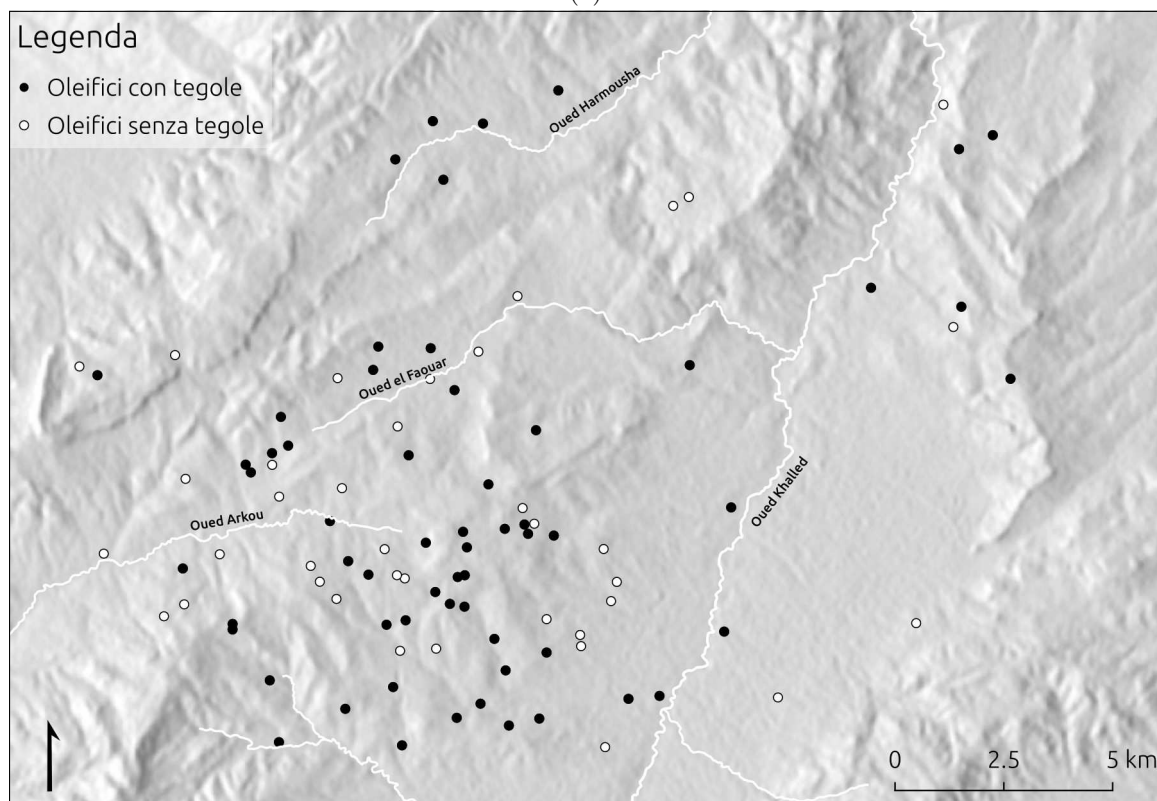
²⁹De Vos 2008, pp. 268-9; Bessac 1999, pp. 23-5.

³⁰Rockwell 1989, p. 30.

³¹La cava è stata documentata attraverso rilievo con teodolite e la tecnica fotogrammetrica denominata *structure from motion* (SFM) che costruisce una nuvola di punti a partire da foto digitali, questa nuvola di punti è poi georiferita in base al rilievo con teodolite e *G.P.S.*. In figura 2.12b le tre immagini sono viste ortografiche della *mesh* (oggetto tridimensionale composta da un insieme di vertici, spigoli e facce) texturizzata ottenuta dalla nuvola di punti georiferita.

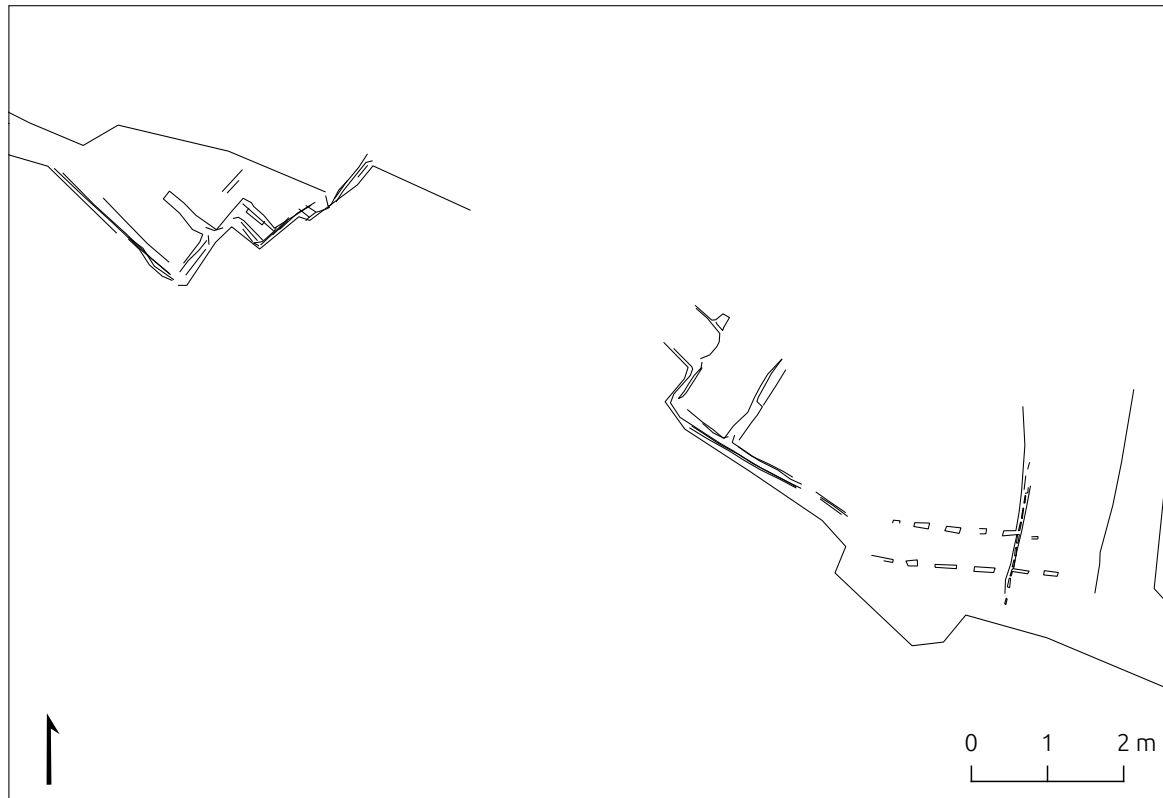


(a)

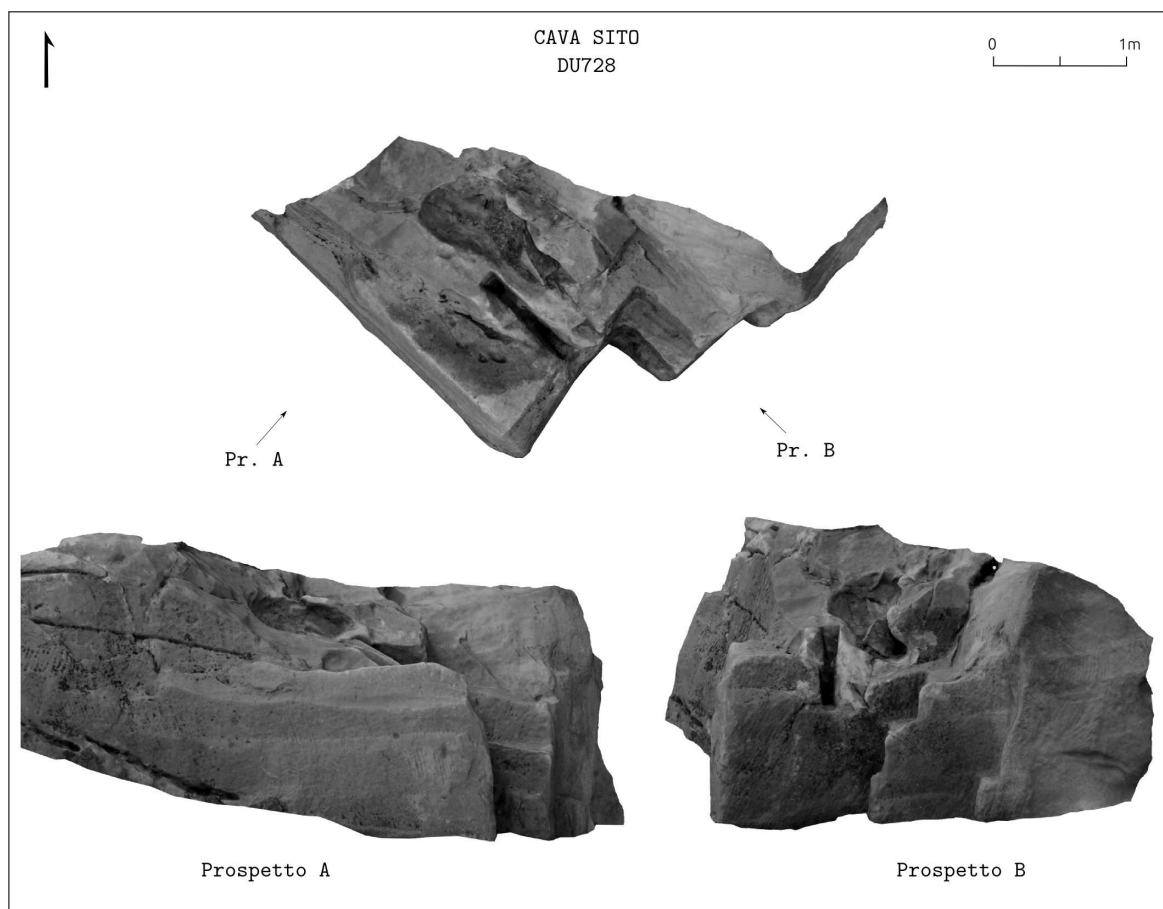


(b)

Figura 2.11: I siti (a) e in particolare gli oleifici (b) che hanno riportato la presenza di tegole o embrici (*Thugga Survey*)



(a) Rilievo di parte della cava DU728



(b) Viste dall'alto e laterali derivanti *structure from motion* applicato alla cava DU728

2. Solchi piuttosto profondi, talvolta con orientamento caotico altre volte più regolare, riscontrabili soprattutto sulle parti orizzontali.
3. piccoli e numerosi fori, non profondi e non necessariamente allineati, riscontrati sulle pareti orizzontali, talvolta in associazione con i solchi di cui sopra.

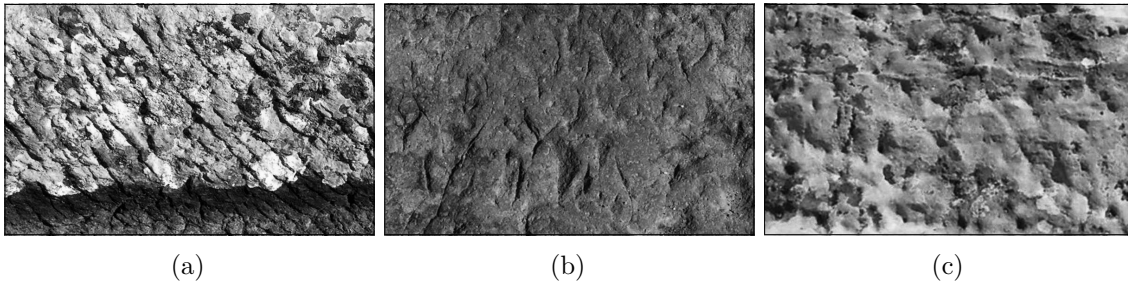


Figura 2.13: Tre tipi di segni di lavorazione (foto M. de Vos)

Il primo tipo di tracce, riscontrabile in molti esempi, è lasciato da uno strumento chiamato gradina, detta anche *ciseau grain d'orge*, a denti appuntiti³². E' uno strumento dentellato che viene percosso per dare uniformità alla superficie.

Il secondo tipo è lasciato da uno strumento chiamato subbia, anch'esso a percussione, con il bordo da taglio costituito da una punta, utile per sgrossare qualsiasi tipo di roccia³³.

Anche il terzo probabilmente è da mettere in relazione con la subbia con il suo uso in verticale.

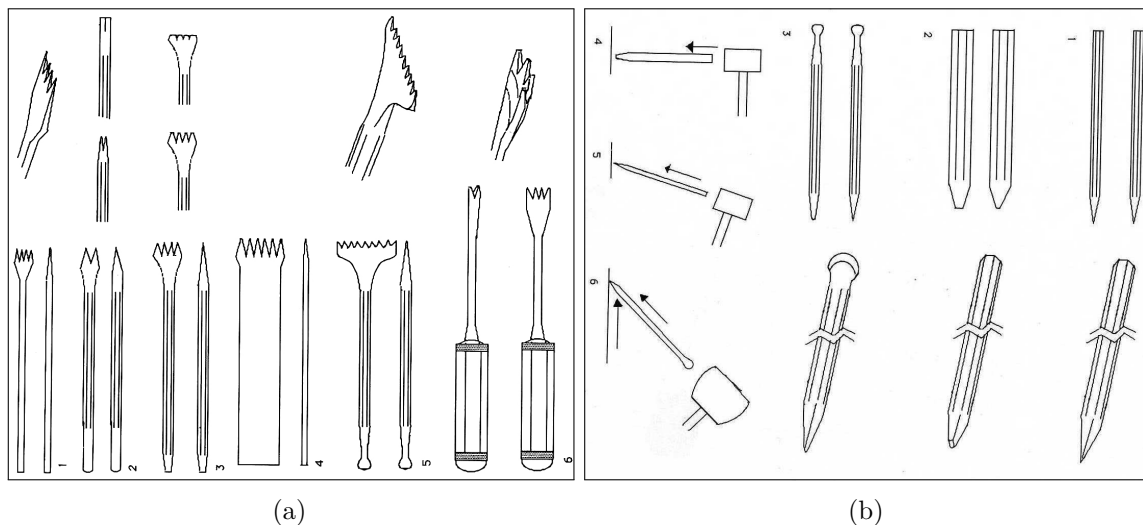


Figura 2.14: Due strumenti di lavorazione, gradina (a) e subbia (b) (da Rockwell 1989, pp. 54-5)

Gli elementi probabilmente venivano lavorati direttamente nella cava o nelle vicinanze come sembra dimostrare il sito DU129³⁴ dove è stato rinvenuto un incastro completo, abbandonato per ragioni ignote, immediatamente a fianco alla roccia affiorante dalla quale era stato estratto (fig. 2.15).

³²Bessac 1999, pp. 30-1.

³³Rockwell 1989, pp. 36-7.

³⁴De Vos e Attoui 2013, p. 76.

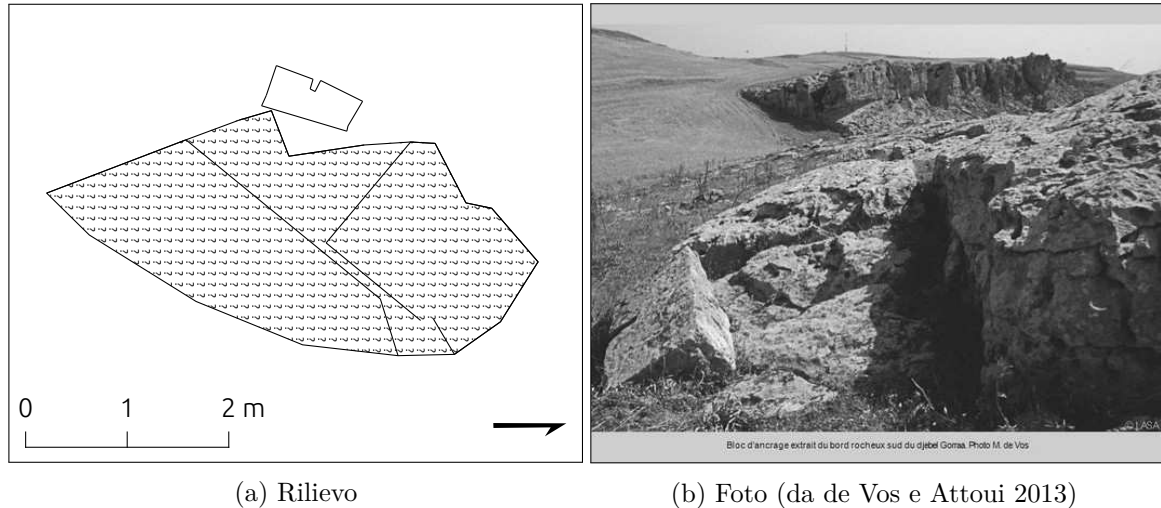


Figura 2.15: Incastro appena estratto dalla cava (DU129)

Anche un esempio di *catillus* non terminato, in nummulitico, è stato rinvenuto nel sito DU131, anche in questo caso l'elemento non doveva trovarsi lontano dalla cava da cui proveniva sul *Djebel Gornaa*³⁵.

Per comprendere le modalità di realizzazione delle vasche monolitiche, si possono studiare elementi non ultimati rinvenuti durante i *surveys* oppure esempi analoghi trovati in altre regioni³⁶. Si iniziava scavando il perimetro della vasca, creando un solco con la sabbia. Si passava poi all'estrazione della pietra interna, una volta che questo processo era ultimato, si passava a raffinare la superficie, sgrossando gli ultimi residui. Per questo procedimento veniva usata la sabbia sulle pareti orizzontali e la gradina sulle pareti verticali. Questa tecnica di scavo permetteva di avere pietra da costruzione come prodotto secondario³⁷.

La disponibilità di pietra di buona qualità, necessaria per la costruzione degli edifici e delle presse è dunque sicuramente un fattore che doveva influenzare le scelte insediative. Il materiale da costruzione veniva estratto dai numerosi affioramenti soprattutto di calcare nel territorio del *Thugga Survey* e di arenaria nel *PNEK Survey*. Le testimonianze di tracce di attività di cava nelle zone indagate sono piuttosto numerose e non è raro trovarle nelle immediate vicinanze degli insediamenti rurali³⁸. Ciononostante vi sono prove che il materiale per la costruzione delle basi di pressa od altri elementi³⁹, potesse provenire in alcuni casi anche da più di 10 km di distanza⁴⁰. Questa possibilità, unita alla relativa frequenza degli affioramenti rocciosi che si dispongono nel territorio e dunque all'impossibilità di conoscerli e georiferirli tutti, hanno impedito l'utilizzo di questa variabile nelle analisi dei capitoli successivi.



Figura 2.16: DU617. Vasca in lavorazione (foto M. de Vos)

³⁵De Vos e Attoui 2015a, p. 648.

³⁶Frankel 1999, p. 52.

³⁷Frankel 1999, p. 52.

³⁸De Vos 2000, p. 16.

³⁹Come rilievi funerari (de Vos e Attoui 2015a, pp. 646-7).

⁴⁰De Vos e Attoui 2015a, p. 645.

2.4 Tecnologia della pressatura

2.4.1 Fasi della produzione

Le percentuali delle sostanze che formano il frutto dell'olivo, variano secondo le qualità, generalmente la composizione è la seguente:

1. Acqua di vegetazione 45-60%
2. Olio 15-35%
3. Sostanze solide 25-30%
4. Il nocciolo contiene il 2% dell'olio di tutto il frutto⁴¹.

Raccolta Plinio da indicazioni precise sulla raccolta, che deve essere fatta in periodi diversi a seconda della qualità del frutto, in linea di massima poco dopo il 12 e il 16 Settembre⁴², giorni in cui si forma l'olio. Columella invece indica dicembre⁴³. Le olive vanno colte appena iniziano ad annerire, quando cioè l'olio comincia ad alterarsi in *amurca*, o morchia. Per la raccolta si usa percuotere l'albero con delle pertiche, anche se è un metodo sconsigliato, l'ideale sarebbe raccogliere le olive manualmente, ma ovviamente è un metodo molto dispendioso in termini di tempo. Una volta raccolte vengono conservate su tavolati e devono esser lavorate entro tre giorni altrimenti i frutti si seccano, aumentando la percentuale di prodotto da eliminare. Secondo Catone⁴⁴ tale attesa di tre giorni serviva per ammorbidire il frutto e facilitarne la frangitura.

Frangitura Prima di venire pressate le olive devono essere frante. Secondo Columella e Catone questa fase è particolarmente delicata, in quanto bisogna far attenzione a non rompere i noccioli, il cui siero rovina il sapore dell'olio. Columella si sofferma ad elencare le macchine per la frangitura e classificarle secondo la facilità d'impiego, considerando anche quelle più adatte a non rompere i noccioli⁴⁵.

Il *trapetum*, descritto per la prima volta da Catone⁴⁶, è formato da una vasca emisferica fissa detta *mortarium* e da *mole* semisferiche dette *orbes*. In mezzo alle due *orbes* c'è un cilindro verticale detto *miliarium* sormontato dalla trave orizzontale che mette la macchina in moto, detta *cupa*. Spingendo tale trave le mole ruotavano su loro stesse frangendo le olive contro le pareti concave del *mortarium*. Con questa macchina le olive non venivano schiacciate completamente, quindi il rischio di rompere il nocciolo era minimo.

La mola olearia è anch'essa formata da un bacino detto sotto-mola e una parte mobile detta mola verticale, generalmente cilindrica e azionata anch'essa da una trave.

Le altre due macchine descritte da Columella sono di difficile identificazione: la *tudicula* riconosciuta da Laporte in mazze di bronzo con manico di legno usate per battere le olive, ritrovate a Nador in Nord Africa⁴⁷, ed il *canalis et solea*, che potrebbe essere una vasca in muratura o legno in cui si schiacciavano manualmente le olive calzando appositi zoccoli. Entrambi sono difficilmente riconoscibili archeologicamente. Camps-Fabrer⁴⁸ cita infine un

⁴¹J.-P. Brun 1986, p. 23.

⁴²Plinio, *nat.*, 15, 6-14.

⁴³Columella, *agr.*, 12, 52, 1.

⁴⁴Catone, *agr.* 65, 1.

⁴⁵Columella, *rust.* 12, 52, 3-8.

⁴⁶Catone, *agr.*, 20-22.

⁴⁷Laporte 1974, pp. 167-174.

⁴⁸Camps-Fabrer 1953, p. 40.

tipo di macina trovata a *Madauros*, circolare tagliata dentro una sola pietra con tre buchi posti con un angolazione reciproca di 120 gradi, usati probabilmente per far scolare l'*amurca*.

Mannoni⁴⁹ ritiene che non sia possibile che la frangitura, con il *trapetum* o la mola olearia, non provocasse almeno in parte la rottura dei noccioli. Solo la pilatura, ossia una lavorazione attraverso un mortaio in pietra ed un pestello di legno, poteva ottenere questo risultato. Foxhall invece ritiene che anche il *trapetum* causasse la rottura dei noccioli e porta de esempio i resti carbonizzati di noccioli di oliva, franti con questo strumento⁵⁰.

Pressatura Il passaggio successivo alla frangitura è la pressatura. La pasta di olive è collocata all'interno degli sportini (*fiscicula*), cesti intrecciati chiusi e morbidi fatti in vari materiali, che venivano posti l'uno sopra l'altro e poi schiacciati tramite la pressa. Di questi Catone cita due tipi (romani e campani) senza precisarne la differenza⁵¹. Plinio⁵² invece cita come invenzione recente la tecnica di racchiudere la pasta di olive tra sottili asticelle (*regulae*). Tecnica descritta anche da Erone Alessandrino⁵³ che ne distingue due *regulae*, chiamati qui *galeagra*, con le assi disposte orizzontalmente o verticalmente. Questa tecnica evitava la minuziosa pulitura degli sportini, che era al contrario necessaria dopo ogni spremitura, di qui la necessità che le presse si trovassero vicino ai corsi d'acqua. Catone⁵⁴, Plinio⁵⁵, Columella⁵⁶, Vitruvio⁵⁷ e Palladio⁵⁸ raccomandano che l'olio sia spremuto a temperatura alta per farlo defluire meglio, utilizzando acqua calda, focolari nel *torcularium*, esposizione a sud e riscaldamento tramite ipocausto. Non è invece citato da nessuno l'uso dell'acqua calda per la seconda e terza spremitura che è al contrario necessaria⁵⁹. Brun⁶⁰ descrive come in un oleificio contemporaneo (a *Solliés-Ville*) gli sportini appena spremuti sono lavati con acqua calda, poi capovolti (per premere meglio la parte che prima si trovava più lontano dalla pressa) e messi su una seconda pressa in modo da non mischiare l'olio di prima spremitura con quello di seconda.

Vi sono numerose tipologie di pressa, la prima descritta in letteratura è quella di Catone⁶¹, la pressa a leva e verricello. Il verricello (*sucula*) è azionato con funi e racchiuso da montanti lignei (*stipites*). Il *prelum* (la trave orizzontale che pressa) è sostenuto nella parte terminale, più sottile, detta *lingula*, da due pali verticali (*arbores*), provvisti di fessure per l'inserimento di travetti che regolano l'altezza del *prelum*. Il verricello viene girato da bastoni (*vectes*) inseriti all'interno dei suoi fori e spinti verso il basso. Le olive macinate (*sampsas*) o la polpa d'uva (*pes*) sono poste sull'*ara*, la base di pressatura, posta il più vicino possibile agli *arbores*, all'interno degli sportini. Al di sopra di questi è posizionato un coperchio di legno detto *orbis* che serve distribuire in maniera omogenea la forza esercitata dal *prelum*. Erone⁶² invece descrive quattro tipi di pressa: una a leva e verricello ma con contrappeso mobile, una a leva e vite e due a vite diretta.

La tipologia più interessante è quella a leva e verricello, in quanto i contrappesi della zona indagata sembrano esser riconducibili proprio a questa tipologia come sostenuto, ad

⁴⁹Mannoni 2004, p. 173.

⁵⁰Foxhall 2007, pp. 133-4.

⁵¹Catone, *agr.*, 135, 2-3.

⁵²Plinio, *nat.*, 15, 5.

⁵³Erone, *mech.*, 3, 16.

⁵⁴Catone, *agr.*, 65, 2.

⁵⁵Plinio, *nat.*, 15, 10 e 22.

⁵⁶Columella, *rust.*, 1, 6, 18 e 12, 52.

⁵⁷Vitruvio, *arch.*, 6, 6, 3.

⁵⁸Palladio, *agr.*, 1, 20.

⁵⁹J.-P. Brun 1986, p. 48.

⁶⁰J.-P. Brun 1986, pp. 49-53.

⁶¹Catone, *agr.*, 21, 18.

⁶²Erone, *mech.*, 3, 16.

esempio, da Frankel⁶³, Camps-Fabrer⁶⁴ e Mattingly-Hitchner⁶⁵ e non a vite come inizialmente proposto da Drachmann⁶⁶.

Nella pressa a leva e verricello di Erone il *prelum* non è come quello di Catone racchiuso tra gli *arbores*, ma si incastra nel buco di un muro. Può essere abbassato grazie al contrappeso al quale è vincolato, che non è fissato a terra, ma è issato, con l'ausilio di un argano, fornendo quindi forza direttamente col proprio peso. Il *prelum* è lungo 25 *Ell* che deve essere, come spiega Drachmann⁶⁷, un'unità di misura equivalente a 46.24 cm. Il *prelum* risulta quindi più lungo di quello di Catone, che è 25 piedi (7.4 m). L'interpretazione è poi difficoltosa, soprattutto riguardo a come e dove si dovrebbe incastrare l'argano per issare il contrappeso e su come esso dovesse essere bloccato per evitare che potesse scivolare improvvisamente verso il basso, mettendo in pericolo i lavoratori. Per risolvere quest'ultimo problema Christophle⁶⁸ propone l'uso di un gancio per fissare la corda e di una barra inserita nel rullo che si blocca nel contrappeso, impedendo al primo di girare e quindi di far srotolare la corda.

Anche Plinio descrive 4 tipi di presse⁶⁹, una simile a quella di Catone (*Antiqui funibus vittisque loreis ea detrahebant et vectibus*), poi due tipi di pressa a vite, inventate negli ultimi cento anni, una con contrappeso vincolato a terra, l'altra invece con contrappeso fatto da una cassa di pietre che si muovono con la vite, quest'ultima era la soluzione più apprezzata. Infine descrive una pressa a vite diretta (inventata 22 anni prima).

La maggior parte delle presse erano comunque a contrappeso, il liquido che fuoriusciva dalla spremitura veniva incanalato e scivolava in una vicina vasca. Una volta diminuito il volume dei cesti a seguito della pressatura, si poteva ripetere l'operazione abbassando la trave orizzontale, in modo da esercitare maggiore pressione, ponendo il punto di leva su un livello più vicino al piano. A testimoniare la pratica usuale di questa procedura ci sono degli *arbores* della Tripolitania, che avevano una serie di fori posti in modo da suggerire l'uso a livelli diversi del perno della leva. Adirittura in alcuni casi si presentano quattro livelli, per ripetere il processo più di due volte.

Decantazione La terza fase del processo di trasformazione delle olive in olio è la decantazione, come indicato da Catone, Plinio e Columella. Il travasatore, detto *capulator* deve mettere all'interno della vasca di raccolta un recipiente di piombo in cui far defluire il risultato della spremitura. Da questo attinge con un altro recipiente chiamato *concha* solo l'olio, evitando la morchia. L'olio subisce ben tre travasi, due volte in un *labrum* ed infine nel *dolium*. Travasato tutto l'olio, la morchia va eliminata dalla vasca.

Columella⁷⁰ fa sapere che l'olio viene raccolto in un *rotundum labrum*, che è la soluzione migliore, o in una vasca di piombo quadrata (*plumbeum quadratum*) o in una costituita da compartimenti gemelli (*structile gemellar*). Indica poi tre file di *labra*, per la prima la seconda e la terza spremitura, nei quali è necessario continuare a fare travasi, fino a far diventare l'olio il più puro possibile. Frankel⁷¹ riporta la notizia del ritrovamento di una di queste *concha*, di "Tonna Galea" nella pressa di epoca romana di *Zabadi*, essa aveva la capienza di 550 cc. Il *capulator* aveva ovviamente bisogno anche di un imbuto come si vede nella stele del *capulator* a Cesarea e come ricorda Catone⁷². Infatti, nella cella olearia descritta

⁶³Frankel 1999, p. 103.

⁶⁴Camps-Fabrer 1953, p. 47.

⁶⁵Mattingly e Hitchner 1993, pp. 452-4.

⁶⁶Drachmann 1932, p. 162.

⁶⁷Drachmann 1932, p. 63.

⁶⁸Christophle 1930, p. 40.

⁶⁹Plinio, *nat.*, 15, 317.

⁷⁰Columella, *rust.*, 12, 52, 13.

⁷¹Frankel 1999, p. 174.

⁷²Catone, *agr.*, 14, 12.

dall'autore latino, oltre che 14 *labra*, due *conchae* grandi e due piccole vi sono anche due imbuti. Si può immaginare come la più grande servisse per travasare nel primo e nel secondo *labrum* e quella più piccola da quest'ultimo al *dolium* con l'imbuto. Le operazioni di travaso avvenendo due volte al giorno (quando possibile) occupavano quindi interamente i 14 *labra*.

Consumo Gli usi dell'olio sono svariati. Serviva per l'apporto di grassi nella dieta, gli antichi disponevano sì di grassi animali, ma dipendevano soprattutto dall'olio per un adeguato apporto calorico⁷³. Poteva servire per la cura della persona, ad esempio per la cura del corpo, nelle terme o prima degli esercizi ginnici, come elemento importantissimo per la creazione dei profumi ed infine con svariati usi nella medicina⁷⁴.

L'uso industriale era molto diffuso, veniva infatti utilizzato come carburante per lampade e lucerne o come lubrificante. Adottato anche per usi religiosi, era offerto agli dei sotto diverse forme oppure era utilizzato nei funerali e nei riti funebri⁷⁵.

Anche i prodotti di scarto della lavorazione dell'olio erano utilizzati, i residui solidi della polpa delle olive ed i noccioli erano sicuramente utilizzati come combustibile⁷⁶. Mentre l'*amurca* era utilizzata in molte maniere differenti, Catone consiglia di utilizzarla per impermeabilizzare le giare⁷⁷, come rimedio per le malattie di quadrupedi ed alberi⁷⁸, per proteggere il legno dalla tarpe e altri animali nocivi⁷⁹.

2.4.2 Molitura

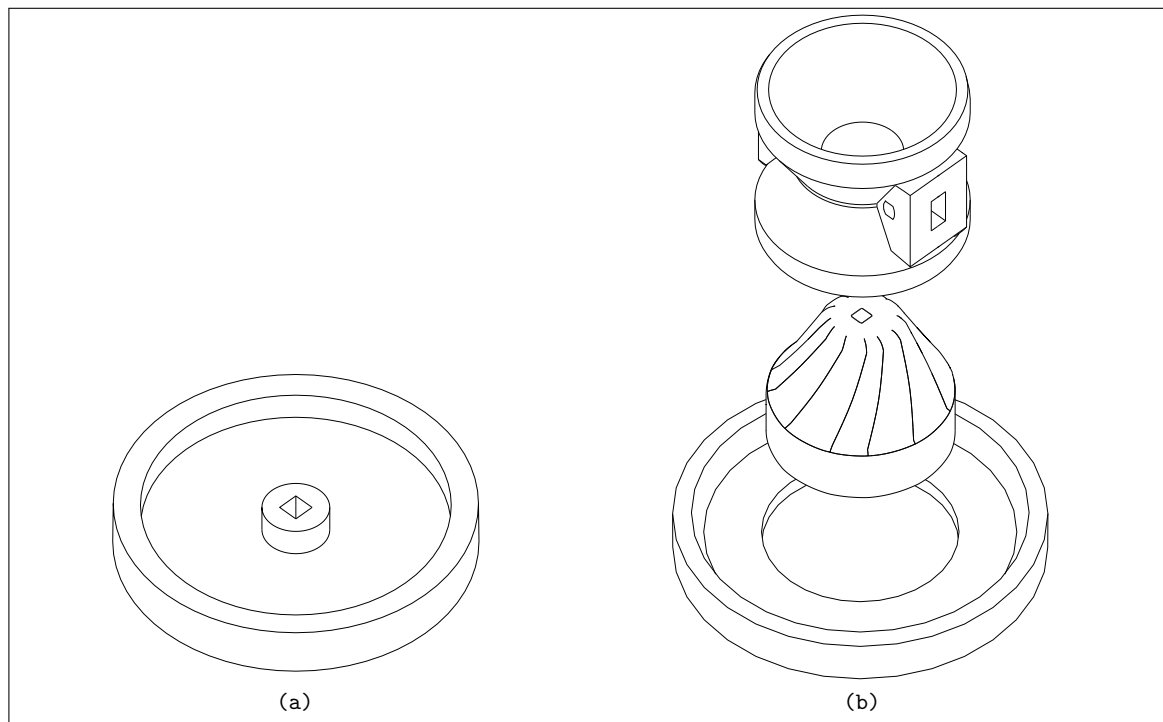


Figura 2.17: Tipologie di macine attestate in *PNEK Survey* (a) e *Thugga Survey* (b)

⁷³R. J. Forbes 1965, p. 104.

⁷⁴Amouretti 1986, pp. 186-7.

⁷⁵J.-P. Brun 2003a, pp. 180-1.

⁷⁶Amouretti 1986, p. 192.

⁷⁷Catone, *agr.*, 78, 69.

⁷⁸Catone, *agr.*, 96.

⁷⁹Catone, *agr.*, 98.

Le macine sono l'elemento che si trova più raramente. Sono due le categorie principali: il *trapetum* e la *mola olearia*. In Tunisia il *trapetum* è stata individuato solo in due regioni: *Cap Bon* e golfo di *Gabès* al contrario la *mola olearia* è molto più frequente⁸⁰.

I vantaggi della *mola olearia* rispetto al *trapetum*, che possono compensare la sua minore efficienza nella frangitura delle olive, sono sicuramente il minor costo dovuto ad una forma più semplice da ottenere e forse la più facile estrazione delle polpa di olive⁸¹. I *trapeta* sono generalmente meno diffusi, anche se non sconosciuti⁸² in Nord-Africa rispetto ad altre tipologie.

In Algeria nella regione del *PNEK Survey* è frequentissimo il ritrovamento di *molae oleariae* mentre in Tunisia la situazione è più complessa. Infatti in questo territorio sono assenti sia le *molae oleariae* che i *trapeta*⁸³, ciò ha fatto ipotizzare che le cosiddette 'donkey' mills potessero essere utilizzate anche per la frangitura delle olive oltre che per la macinazione dei cereali⁸⁴.

2.4.3 L'ancoraggio del *prelum*

Nell'attuale Tunisia, l'ancoraggio del *prelum* avveniva attraverso due sistemi differenti, il primo sono *arbores* monolitici, *orthostats* in inglese e *jumelles* in francese. Il secondo è quello dei cosiddetti incastri, *anchorstones* in inglese e *bloc d'ancrage* in francese. In questa sede si definiranno *arbores* i primi e incastri i secondi.

La differenza dell'uso degli *arbores* o degli incastri rappresenta il *pattern* di diffusione tipologico più importante del Nord Africa: in Tunisia c'è una maggior diffusione del metodo dell'incastro a nord, mentre sulla dorsale e a sud prevale l'uso degli *arbores* che continua, seguendo sempre una differenziazione nord-sud nella vicina Algeria e Libia. Nella zona di *Madauros* infatti la norma è l'uso degli incastri mentre più a sud degli *arbores*. L'utilizzo degli *arbores* sembra essere l'unico metodo conosciuto nel *Gebél* libico⁸⁵. Le regioni occidentali della dorsale *Thala-Tlili* costituiscono una zona di transizione, con la presenza sia di una tipologia che dell'altra, con alcuni siti che possiedono entrambe le tipologie⁸⁶.

Arbores

Sono strutture di pietra atte a sostenere il *prelum*, in Tunisia sono frequenti soprattutto nel sud, sono molto più diffusi in Libia. Alcuni esemplari hanno coppie di fori e scanalature, che servivano per collocare a diverse altezze la trave, in modo da cambiare il punto di leva. Nel *Gebél* libico si arriva ad avere anche quattro serie di fori per variare l'angolo di inclinazione della leva. Alcuni riportano solo due serie di fori⁸⁷.

Hobson⁸⁸ rileva come sia significativo che queste distinzioni tipologiche e geografiche corrispondano anche alla diversa organizzazione e alla diversa scala del processo di produzione, ad esempio nella zona centrale della Tunisia e nella Libia *Gebél* si trovano i grandi siti a più presse, stabilimenti che sembrano essere assenti nel *Tell* nord-tunisino. Queste possono però essere collegate anche alla maggiore disponibilità di legname disponibile nelle zone settentrionali del Nord Africa.

⁸⁰Hobson 2012, pp. 92-3.

⁸¹H. Forbes e Foxhall 1978, p. 42.

⁸²Drine 1999, p. 54.

⁸³Con eccezione per la città di *Thugga*, nella quale sono conservati alcuni *orbes*.

⁸⁴De Vos, Attoui e Andreoli 2011, pp. 147-8.

⁸⁵Mattingly 1989, p. 44, 1996b, p. 579.

⁸⁶Ben Baaziz 2003; J.-P. Brun 2004a, pp. 209-10; Naddari 2007, pp. 80-3.

⁸⁷Ahmed 2010, pp. 188-197.

⁸⁸Hobson 2012, pp. 80-3.

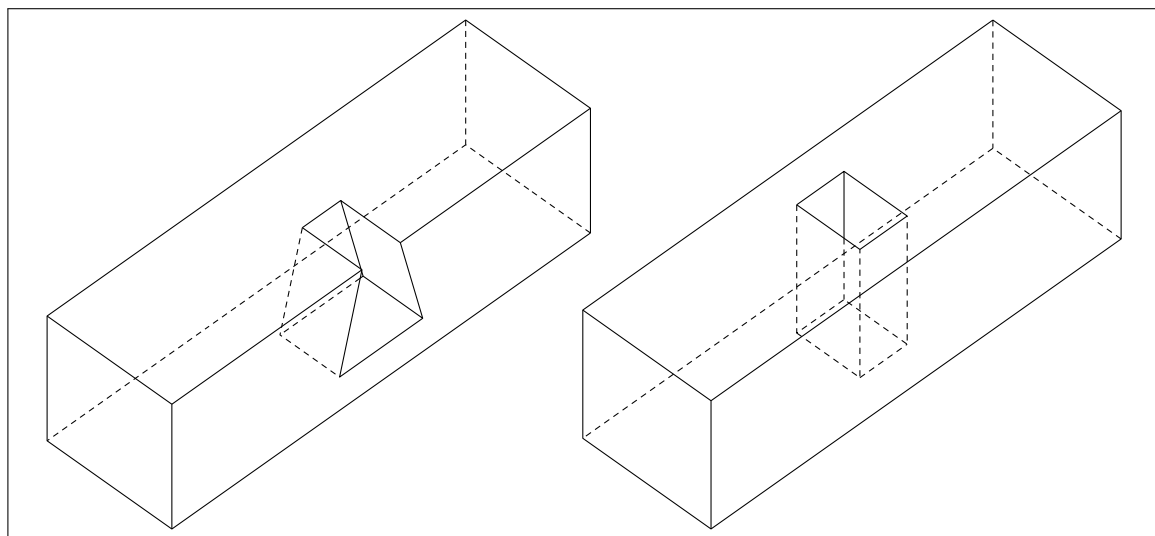


Figura 2.18: Tipologie di incastrati attestati in Tunisia e Algeria

Incastrati

Questi blocchi costituiscono il modo per ancorare la parte fissa della leva al suolo o alla struttura dell'edificio, sono alternativi all'uso degli *arbores* monolitici. L'incastrato serviva per ancorare al suolo gli *arbores* tramite un incastrato a coda di rondine. Gli *arbores* sostenevano il *prelum* e dovevano essere in legno, motivo per cui non si sono conservati. Questi venivano posti alla base della parete e con un incasso a coda di rondine permettevano di ancorarvi la trave, probabilmente con l'ausilio di spine di legno incastrate verticalmente.

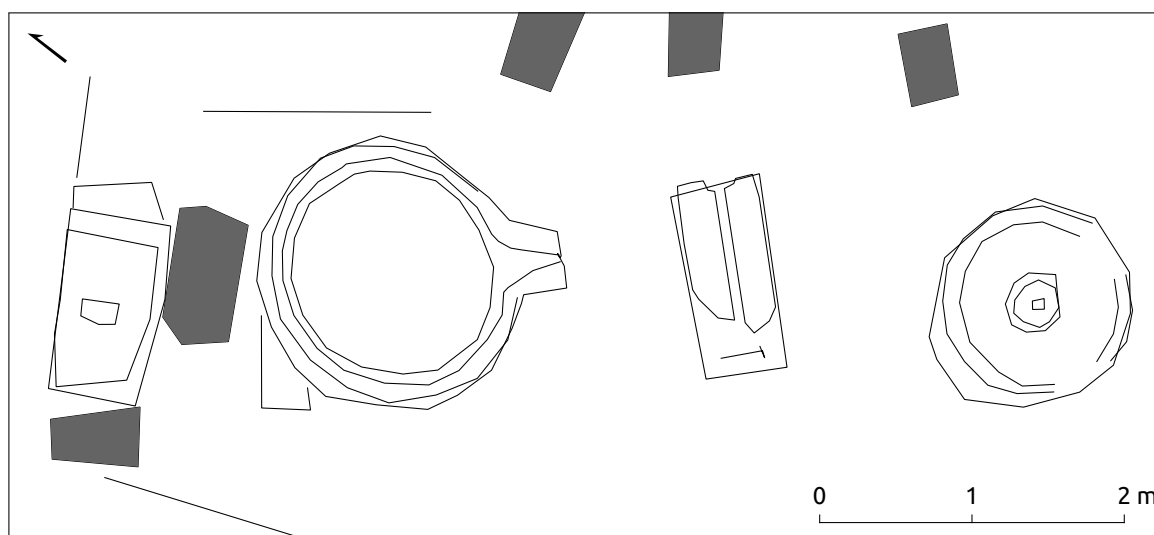
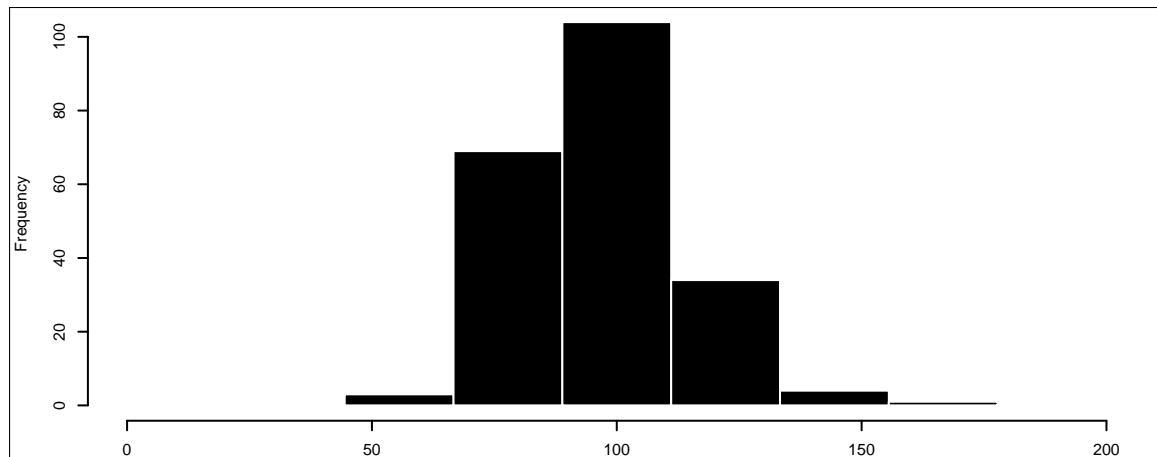


Figura 2.19: Il sito BO022 con incastrato a foro passante *in situ*

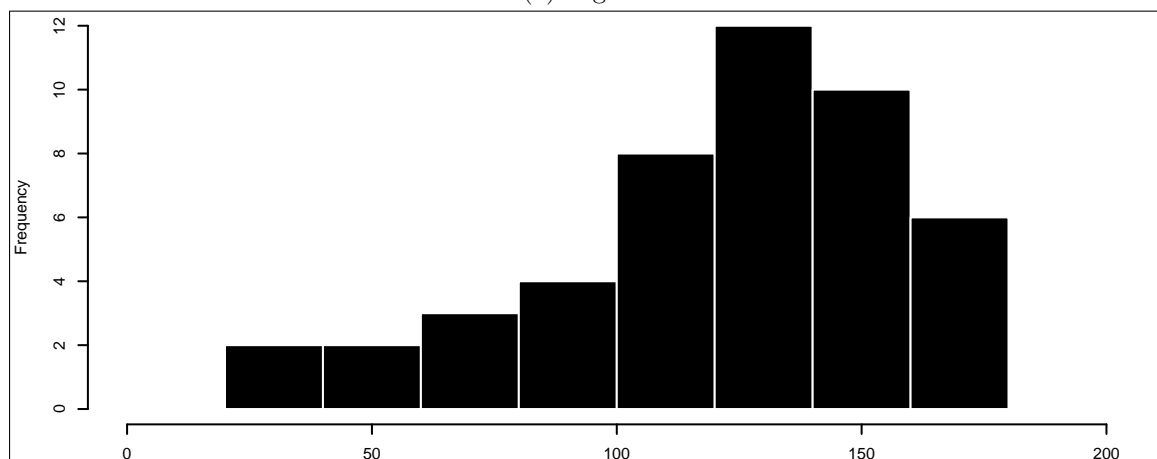
Un tipo diverso di ancoraggio del *prelum*, non molto diffuso ma identificato con sicurezza in alcuni esemplari *in situ* nel corso del *PNEK Survey*, è piuttosto differente. Non si tratta di un incastrato a coda di rondine, bensì di un foro passante a sezione rettangolare (fig. 2.18). Questa tipologia è piuttosto rara se confrontata con la precedente. Entrambe le modalità possono però essere presenti all'interno dello stesso insediamento, a pochi metri di distanza, *in situ* e dunque probabilmente utilizzate contemporaneamente fino all'abbandono dello

stesso. Non sembra dunque trattarsi di variazioni legate a precise fasi cronologiche. Le modalità di funzionamento di questa tipologia non sono chiare, non fornendo questo tipo di foro nessuna possibilità di ancoraggio come invece fornivano gli incastri “classici”.

2.4.4 Ara



(a) Algeria



(b) Tunisia

Figura 2.20: Istogramma delle diametro delle *arae*, in cm

La base è la superficie di spremitura, nella sua forma più tipica presenta delle scanalature per convogliare il liquido nella vasca, ma è possibile che non presentino questo accorgimento. Solitamente sono ricavate da un'unica lastra di pietra, ma è frequente anche l'utilizzo di più lastre allineate. Possono aver forma circolare o essere squadrate. In Tunisia la forma predominante è quella circolare, con qualche eccezione nel Sud-Est, spiegabile dal fatto che quest'area è di confine e transizione con l'area tripolitana⁸⁹. In Libia, appunto, si trova la forma squadrata il 50% delle volte⁹⁰.

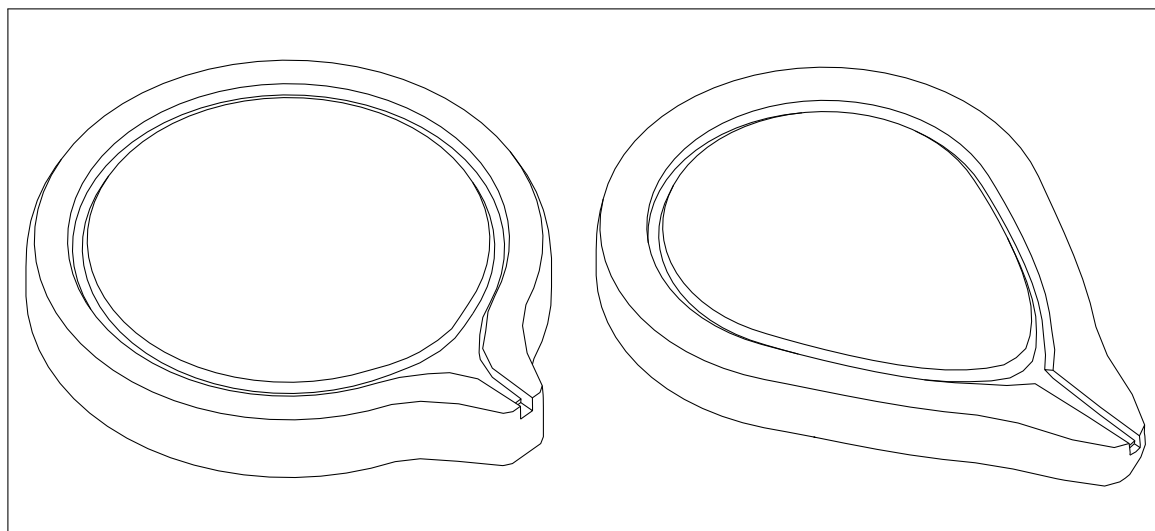
La differenza tra le due zone oggetto di studio, possono essere viste in figura 2.21a e 2.21b. Generalmente nella zona del *Thugga Survey* le *arae* sono ricavate da una lastra di forma squadrata al cui interno vengono ricavati gli scoli. Nel *PNEK Survey* invece la

⁸⁹Mrabet 1997, p. 76.

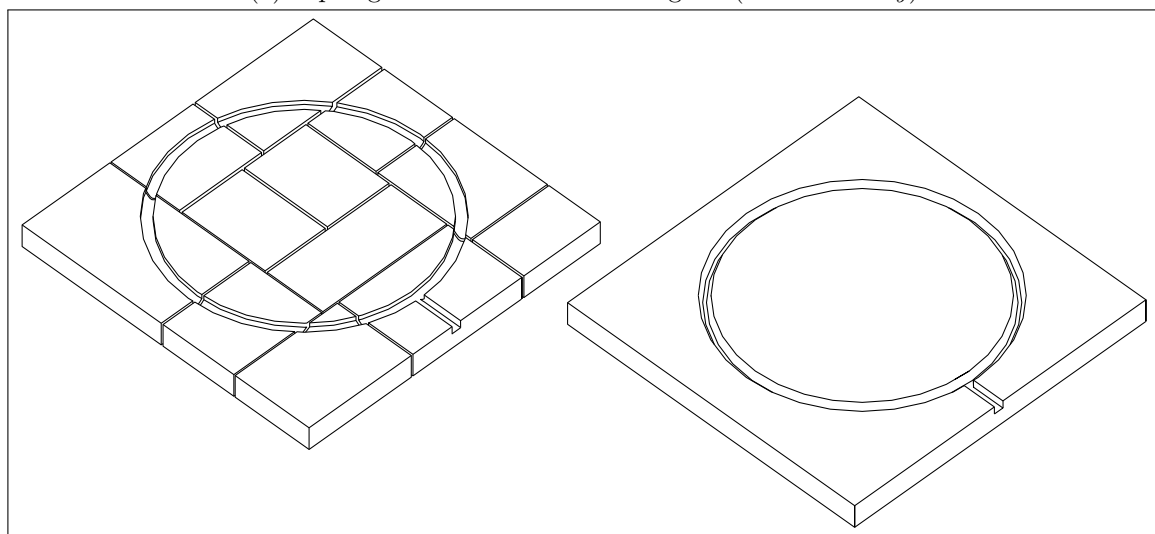
⁹⁰Hobson 2012, pp. 88-9.

base è ricavata da un blocco di pietra con una forma rotondeggiante con la parte terminale allungata a formare una specie di “becco” per favorire il deflusso del liquido nella vasca, è frequente inoltre che la forma sia più irregolare quasi ovoidale.

Per quanto riguarda le dimensioni, nonostante il numero molto più elevato di elementi rinvenuto nel *PNEK Survey*, si nota una maggiore uniformità (fig. 2.20a), anche se una tendenza ad essere di dimensioni più ridotte.



(a) Tipologie di *arae* attestate in Algeria (*PNEK Survey*)



(b) Tipologie di *arae* attestate in Tunisia (*Thugga Survey*)

Figura 2.21: Tipologie di *arae*

2.4.5 Contrappesi

La tipologia di contrappeso è quella definita da Frankel *Semana Wheights* con alcune varianti di piccola entità che non modificano il funzionamento dello stesso⁹¹ (fig. 2.22), il primo di questi rappresenta la stragrande maggioranza dei casi le altre due sono poco

⁹¹Per i casi particolari si veda de Vos 2007a, pp. 50-4.

attestate (per quanto riguarda il terzo, si tratta forse di contrappesi non ultimati). In un primo momento fu identificato da Drachmann come un contrappeso per torchio a vite⁹².

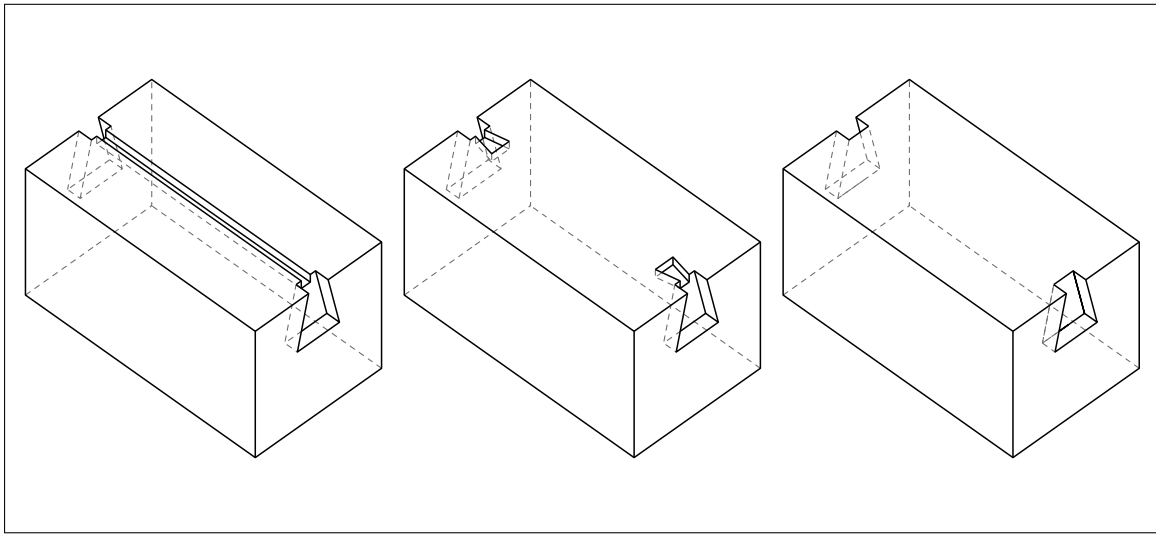


Figura 2.22: Tipologie di contrappesi attestate in Tunisia (Thugga Survey)

Il contrappeso è l'elemento sul quale è montato il verricello che azionato porta la leva verso il basso esercitando la pressione sugli sportini. Non è chiaro però se il contrappeso si sollevasse durante il funzionamento della pressa. A seconda di ciò la presse che caratterizzano la zona presa in esame apparterebbero alla tipologia *lever and drum presses*, simili a quelle descritte da Catone, oppure alla categoria *lever and weights presses* di Frankel⁹³.

Alcuni elementi farebbero propendere per la prima opzione. Il primo è l'uso attuale di questi contrappesi, come elementi fissi⁹⁴. Il secondo si trova in una delle presse rupestri, nel sito BO034, che è caratterizzata dalla presenza di un contrappeso, del tutto simile agli altri della zona, ricavato però nella roccia stessa, è evidente quindi che il contrappeso potesse anche non essere innalzato.

Brun li suddivide in due gruppi: a vite, pressoché sconosciuti in Nord Africa, e a verricello o argano. Questi ultimi, più diffusi, vengono a loro volta divisi in cinque tipologie con vari sottotipi⁹⁵. In Nord Africa sembra che la tipologia più diffusa sia la 1.0 e la 1.1. Sono state proposte altre tipologie durante le varie campagne di ricerca⁹⁶.

Esiste una certa variabilità locale che permette di individuare aree regionali, ma di base il loro funzionamento è pressoché identico. L'eccezionale omogeneità dei contrappesi nordafricani risiede proprio nella forma, con la mancanza totale di contrappesi cilindrici, che indicherebbero la sperimentazione con la pressa a vite⁹⁷.

Anche in questo caso la dimensione dei contrappesi è molto più uniforme nella ricognizione in Algeria rispetto a quella dei dintorni di *Thugga*. Si può infatti osservare come si verifichi una distribuzione quasi normale intorno ai 250 dm³ in entrambi i *datasets*, in Tunisia esiste però anche una fascia piuttosto numerosa di contrappesi di volume maggiore. Si può osservare la variabilità delle dimensioni dei contrappesi nei siti del *Thugga Survey* anche in figura 2.24, in cui sono riportati i prospetti di una selezione di contrappesi.

⁹²Drachmann 1932, p. 97.

⁹³Frankel 1999, p. 171.

⁹⁴Camps-Fabrer 1953, p. 44.

⁹⁵J.-P. Brun 1986, pp. 120-1.

⁹⁶Ben Baaziz 1985; Mattingly e Hitchner 1993; Séhili 2009.

⁹⁷Hobson 2012, p. 88.

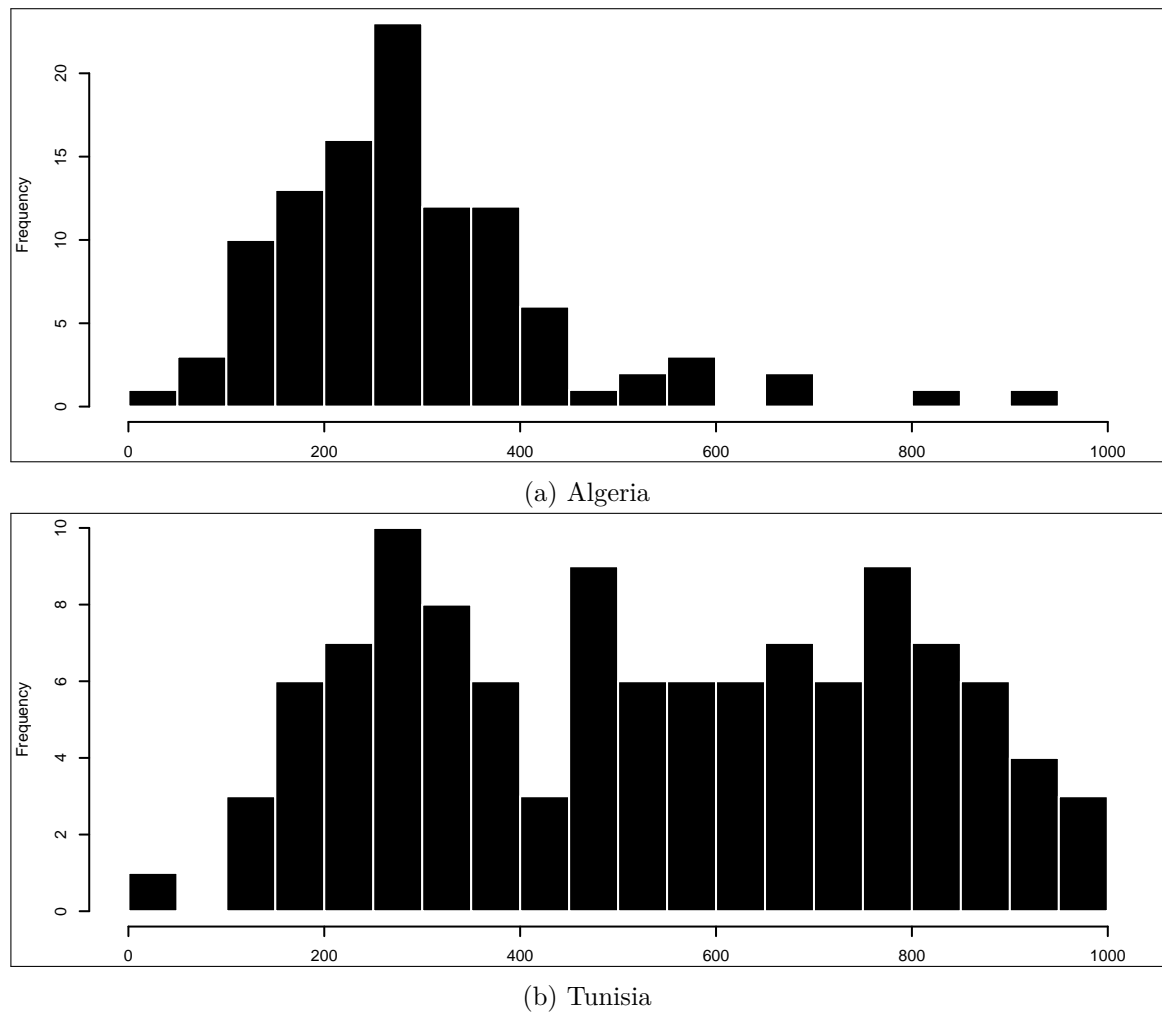


Figura 2.23: Istogramma dei volumi dei contrappesi in cm^3

In confronto con altre zone del Nord Africa i contrappesi delle due aree indagate sono mediamente più piccoli di quelli rinvenuti ad esempio in Libia o in altre zone del sud della Tunisia. La dimensione dei contrappesi rilevati nell'entroterra di Cherchell⁹⁸ è invece paragonabile a quella dei siti tunisini.

2.4.6 Vasche

La vasca è l'elemento dove veniva convogliato il liquido, anche se non è chiaro se questo vi finisse direttamente o piuttosto la vasca accogliesse un contenitore per raccogliere l'olio. La vasca in questo secondo caso recuperava quello che non finiva nel contenitore. Si tratta dell'elemento più raro da individuare in quanto tende naturalmente ad interrarsi.

Talvolta all'interno della vasca si trova una piccola concavità emisferica scavata sul fondo. Non ha una funzione definita con sicurezza, forse serviva per decantare o per facilitare il processo di svuotamento e pulitura della vasca. Verrà in questo caso definita "vaschetta di decantazione".

⁹⁸Leveau 1984, pp. 436-7.

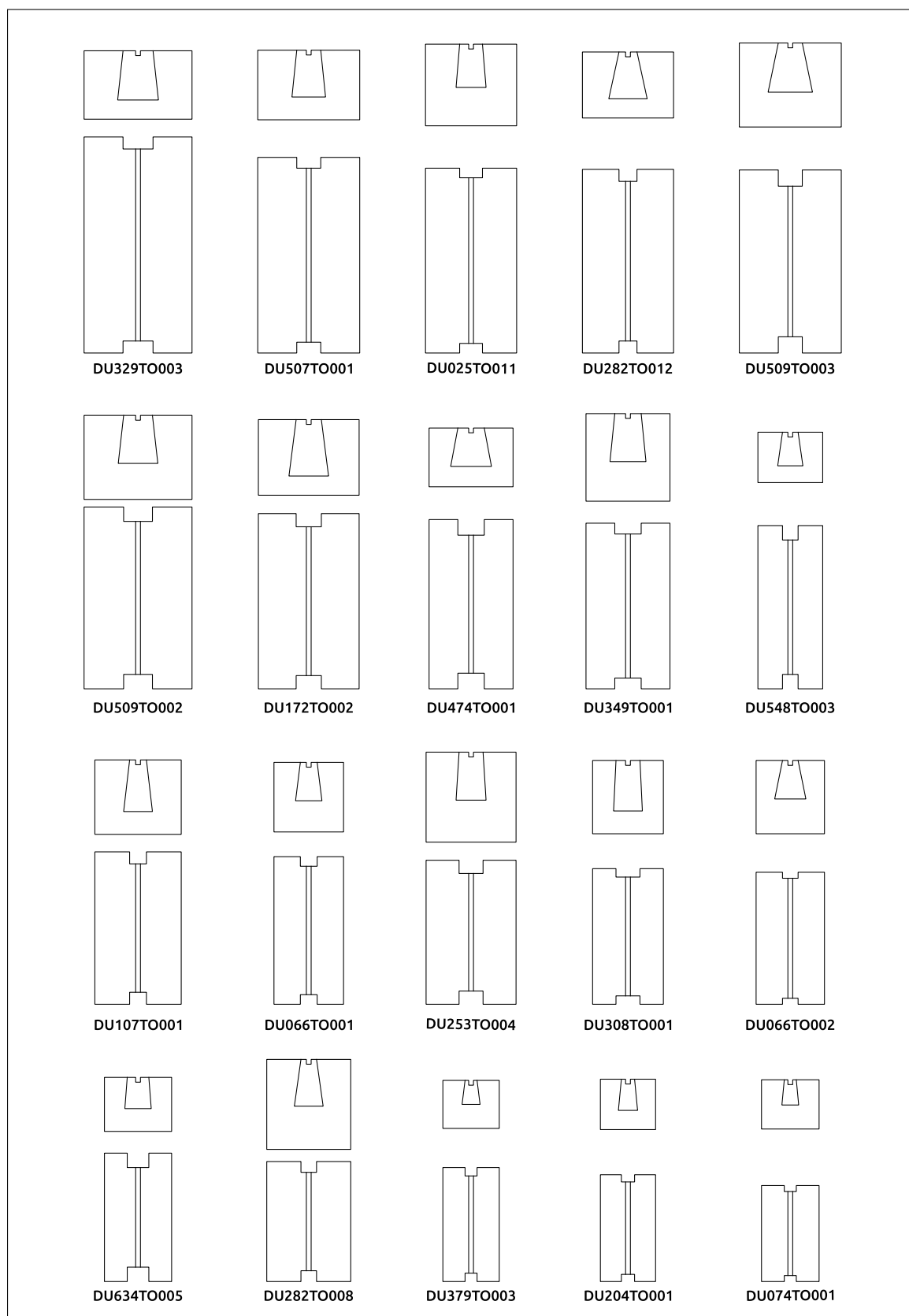


Figura 2.24: Variabilità della dimensione dei contrappesi in Tunisia (scala 1:50)

Nei territori delle due ricognizioni sono state individuate tre tipologie di vasche:

1. Vasche in muratura
2. Vasche monolitiche
3. Vasche assemblate

La prima tipologia viene individuata in maniera piuttosto rara, infatti può essere identificata, solamente in siti particolarmente ben conservati che hanno conservato *in situ* gli elementi di pressa permettendo dunque il riconoscimento della vasca come facente parte di un *torcularium*. Sono di dimensioni piuttosto grandi, impermeabilizzate attraverso l'uso di cocchiopesto.

La seconda è composta da elementi di dimensioni più ridotte, costruiti in un unico blocco di pietra, di forma generalmente rettangolare. Vengono interpretate come vasche di oleifici se rinvenute *in situ* o quando presentano sul fondo la vaschetta di decantazione.

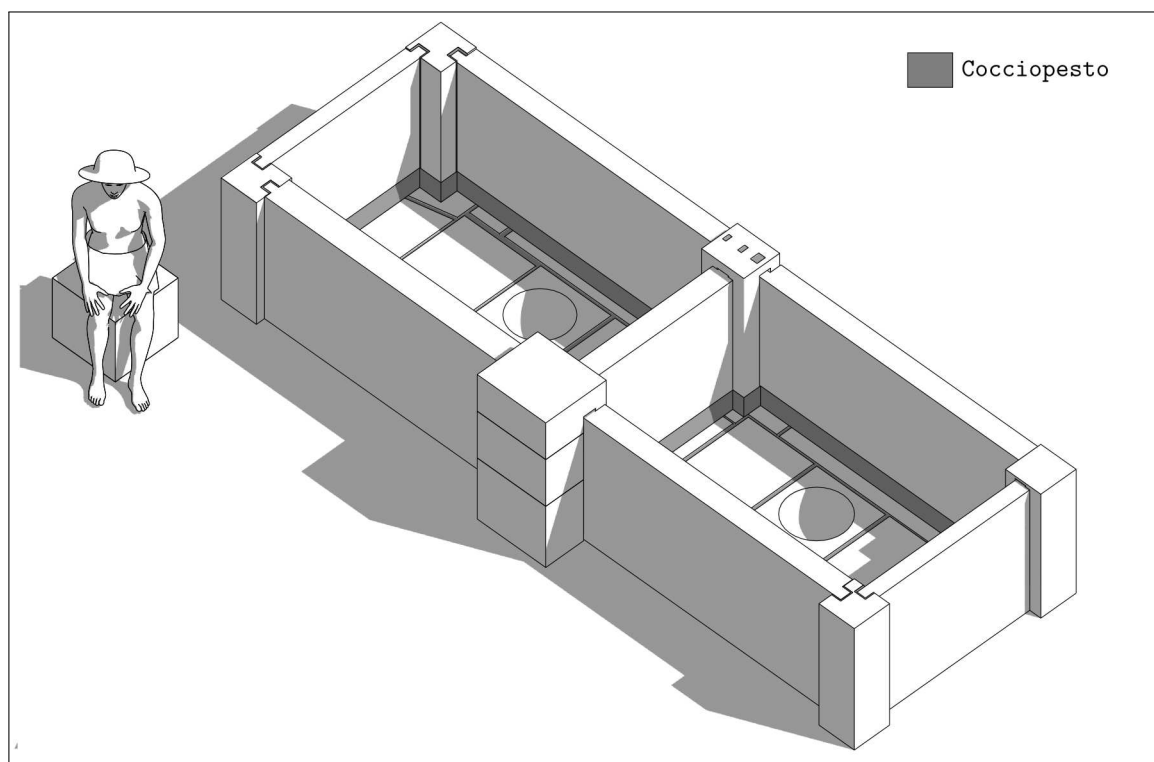


Figura 2.25: Vasca tipo *Madauros*

La terza categoria (2.25), presente negli oleifici, tra le zone indagate, solo nella città e nel territorio di *Madauros*, è una tecnica molto diffusa soprattutto in Africa che può essere vista come utilizzando elementi “prefabbricati”⁹⁹.

2.4.7 Calcatorium

Alcune presse hanno degli elementi peculiari, utilizzati soprattutto per la spremitura del vino. Queste sono provviste di una zona superiore chiamata *forum*¹⁰⁰, *forum vinarium*¹⁰¹

⁹⁹Morizot 1996.

¹⁰⁰Columella, *rust.*, 11, 2, 71.

¹⁰¹Varrone, *Res Rustica*, 1, 54.

o *calcatorium*¹⁰², che serviva per pigiare o pressare, e di una vasca di raccolta inferiore chiamata *lacus*. Il *calcatorium* e il *forum* (*forum* è un termine piuttosto ambiguo e solo in alcuni casi il suo significato è identico a quello di *calcatorium*¹⁰³), non sono, in questi casi, il corrispondente dell'*ara* descritta da Catone, ma si tratta invece di una zona più ampia adatta anche alla pigiatura dell'uva. Questa può essere riconosciuta spesso nelle presse rupestri, dove la superficie della vasca superiore è piuttosto ampia e quasi sempre circondata da pareti che potrebbero svolgere con efficienza questa funzione.

La zona di pigiatura doveva essere collocata secondo Vitruvio¹⁰⁴ nella stessa area di quella di torchiatura, per eliminare lo spreco di tempo tra i due processi¹⁰⁵. Questo è infatti testimoniato molto spesso dai rinvenimenti archeologici. In questo caso le presse rupestri univano nello stesso spazio le funzioni di pigiatura e di pressatura.

Questo tipo di struttura è stata individuata solamente nelle presse rupestri e probabilmente nell'unico caso di installazione specializzata con presse in batteria, in Algeria, che la farebbe identificare dunque come produttrice di vino, in una zona che non viene però considerata all'interno di questo lavoro.

2.4.8 L'introduzione di nuove tecnologie

Un aspetto di cui si è discusso a lungo riguarda la lentezza nella diffusione delle nuove tecnologie di pressatura nell'Africa di età romana. In particolare ci si è soffermati sulla mancata introduzione della pressa a vite preferendo mantenere una tecnologia meno complessa.

Come sostiene Mattingly, riferendosi alla lentezza nella diffusione della tecnologia della pressa a vite diretta, nel mondo antico una nuova tecnologia non doveva essere per forza di cose migliore o più appropriata rispetto ad una vecchia utilizzata al massimo del suo potenziale¹⁰⁶. In particolar modo riferendosi alla "stagnazione tecnologica" del Nord Africa ad eccezione del Marocco, ritiene l'adozione della vite, sia diretta che indiretta, possa essere stata ostacolata anche dalla sua minor capacità produttiva¹⁰⁷. Brun invece fa notare come in zone in cui il legname da costruzione di buona qualità è raro e dunque costoso sarebbe antieconomico passare alla tecnologia della vite¹⁰⁸. In Africa si utilizza al massimo la pietra, che è abbondante e di buona qualità, in altre regioni invece come la Gallia si può utilizzare il legno e dunque la vite è molto diffusa¹⁰⁹. Tuttavia per alcune zone del Nord Africa come la *Mauretania*, dove sono presenti zone boschive, al contrario del Sahel, questo argomento non sembra essere valido. La spiegazione non sembra poter essere nemmeno quella della mancanza di operai specializzati in quanto ogni piccola città faceva ricorso a maestranze di altri paesi quando necessario¹¹⁰.

La stagnazione tecnologica è un tema fondamentale anche per quanto riguarda le potenzialità di crescita economica, infatti il miglioramento della tecnologia è ritenuto essere uno degli presupposti fondamentali per poter generare crescita economica reale¹¹¹. Come visto in questo caso anche il passaggio ad una tecnologia più nuova e in un certo senso più evoluta non avrebbe realmente aiutato ad aumentare la produttività, ed i ricavi, considerando anche i maggiori costi di realizzazione.

¹⁰²Palladio, *agr.*, 1, 18.

¹⁰³White 1975, pp. 148-9.

¹⁰⁴Vitruvio, *Arch.*, 6, 6, 2.

¹⁰⁵White 1975, p. 112.

¹⁰⁶Mattingly 1994, p. 92.

¹⁰⁷Mattingly 1996b, pp. 592-4.

¹⁰⁸J.-P. Brun 2005, p. 162.

¹⁰⁹J.-P. Brun 2005, pp. 161-2.

¹¹⁰J.-P. Brun 2007, pp. 56-7.

¹¹¹Saller 2002, p. 265.

2.5 Confronti con altre ricognizioni

Quando si parla di economia per quanto riguarda il mondo antico si tende a sovrastimare l'importanza dell'agricoltura e dare un ruolo molto meno importante ai settori manifatturieri e commerciali¹¹². I dati provenienti dalle ricognizioni archeologiche tendono ad accentuare ancora di più questo modo di vedere l'economia antica, in quanto tendono a restituire informazioni riguardanti principalmente questo aspetto. Infatti l'urbanizzazione che è spesso vista come la maggiore promotrice della crescita economica negli altri due settori¹¹³ è un fenomeno che non può essere approfondito dalle ricognizioni, che per loro natura forniscono maggiori informazioni riguardo all'andamento degli insediamenti agricoli. Questa osservazione deve essere quindi tenuta in considerazione quando si afferma che la comparazione tra le ricognizioni a livello regionale può essere utile per ricostruire gli andamenti economici nelle province romane¹¹⁴.

L'apporto che possono dare allo studio dell'economia antica può invece basarsi indirettamente sui dati sugli andamenti demografici che a partire da queste tipologie di indagini archeologiche possono essere estratti¹¹⁵. È da sottolineare comunque che stimare la popolazione a partire dai risultati di una ricognizione è un processo problematico¹¹⁶ ed infatti il dibattito è molto acceso tra due correnti di pensiero *low-count* e *high-count*.

I resti archeologici dei siti produttivi aiutano a capire meglio sia l'organizzazione della produzione stessa che la portata del sistema produttivo. Purtroppo pochi di questi siti del Nord Africa sono stati sottoposti a scavi sistematici e questo limita la gamma delle informazioni in nostro possesso, soprattutto a livello cronologico. Sono tre le località da menzionare per quanto riguarda gli scavi di siti produttivi in Tunisia, tutti e tre riguardano il periodo vandalo-bizantino: *Uchi Maius*¹¹⁷, *Aïn Ouassel*¹¹⁸ e *Oued Arremel* nella zona di *Zaghouan*¹¹⁹.

La maggior parte delle evidenze esaminate derivano dunque da ricognizioni di superficie e le informazioni raccolte sono sufficienti per poter fare confronti tra le diverse aree.

In questo capitolo si andrà ad effettuare una sintesi dei risultati provenienti dalle altre ricognizioni effettuate in nord Africa con lo scopo di comprenderne i modelli insediativi più che gli aspetti legati all'economia. In figura 2.26 sono rappresentati i progetti di ricognizione portati avanti nell'attuale Tunisia, alcuni tra questi non sono però pubblicati in maniera approfondita e saranno dunque esclusi da questa sintesi.

Molte campagne di ricognizione perpetrate nelle diverse aree rientrano in un programma di ampio respiro del governo tunisino che dal 1987 promuove la realizzazione della *carte archéologique*. Negli ultimi dieci anni le nostre conoscenze sono state ampliate notevolmente grazie a questo progetto. Sono stati pubblicati ventidue resoconti, il territorio è stato diviso in 290 aree di ricognizione ciascuna pubblicata con una mappa 1:50.000 per 640 kmq circa, salvo le aree costiere che, includendo parte del mar mediterraneo, risultano di dimensioni più ridotte. I risultati di queste campagne sono stati analizzati in maniera approfondita da Hobson¹²⁰. Nei 22 *surveys* sono stati identificati 4196 siti, di cui 615 hanno rivelato resti

¹¹²Mattingly e Salmon 2002, p. 3.

¹¹³P. Millet 2002, p. 29; Lo Cascio 2009.

¹¹⁴Fentress, Fontana *et al.* 2004, p. 160.

¹¹⁵Jongman 2009.

¹¹⁶Mattingly 2009.

¹¹⁷Khanoussi e Mastino 1997, 2006; Vismara 2007d.

¹¹⁸Maurina 2005; de Vos 2000.

¹¹⁹Ghalia 2000 citato in Maurina 2005, p. 194.

¹²⁰Hobson 2012.

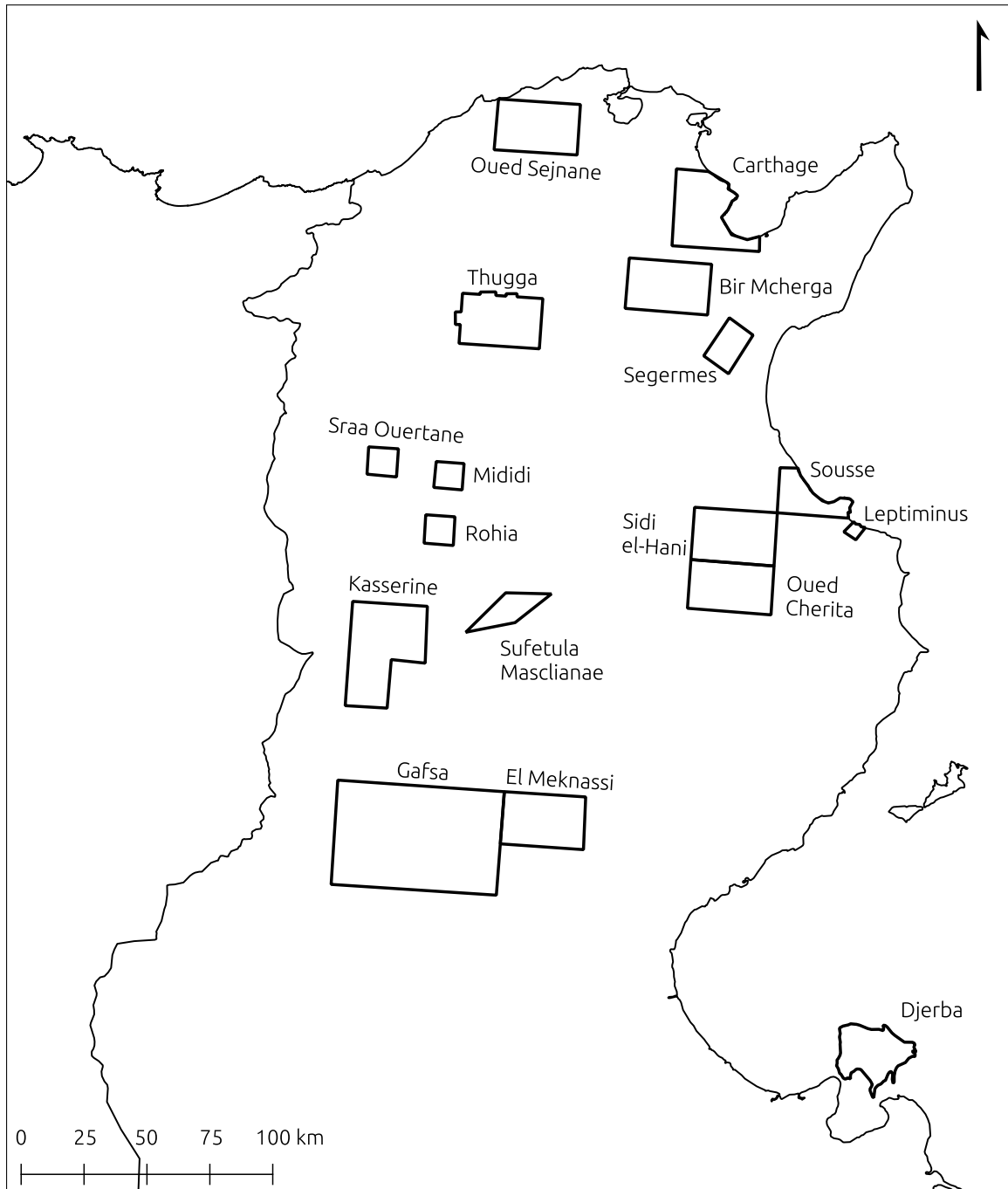


Figura 2.26: Progetti di ricognizione in Tunisia (adattata da Stone 2004 figura 10.1)

di presse o elementi di torchio, identificabili anche se si trovano *ex situ* o riutilizzati per costruzioni posteriori¹²¹.

In questa sede però le carte archeologiche della Tunisia, si utilizzeranno in maniera solo parziale, in quanto il loro fine è principalmente quello della conservazione e sono dunque mancanti della parte di analisi dei dati. Si darà invece precedenza alle ricognizioni portate avanti principalmente a fini di ricerca e dunque anche interpretando i dati raccolti.

¹²¹Hobson 2012, p. 103.

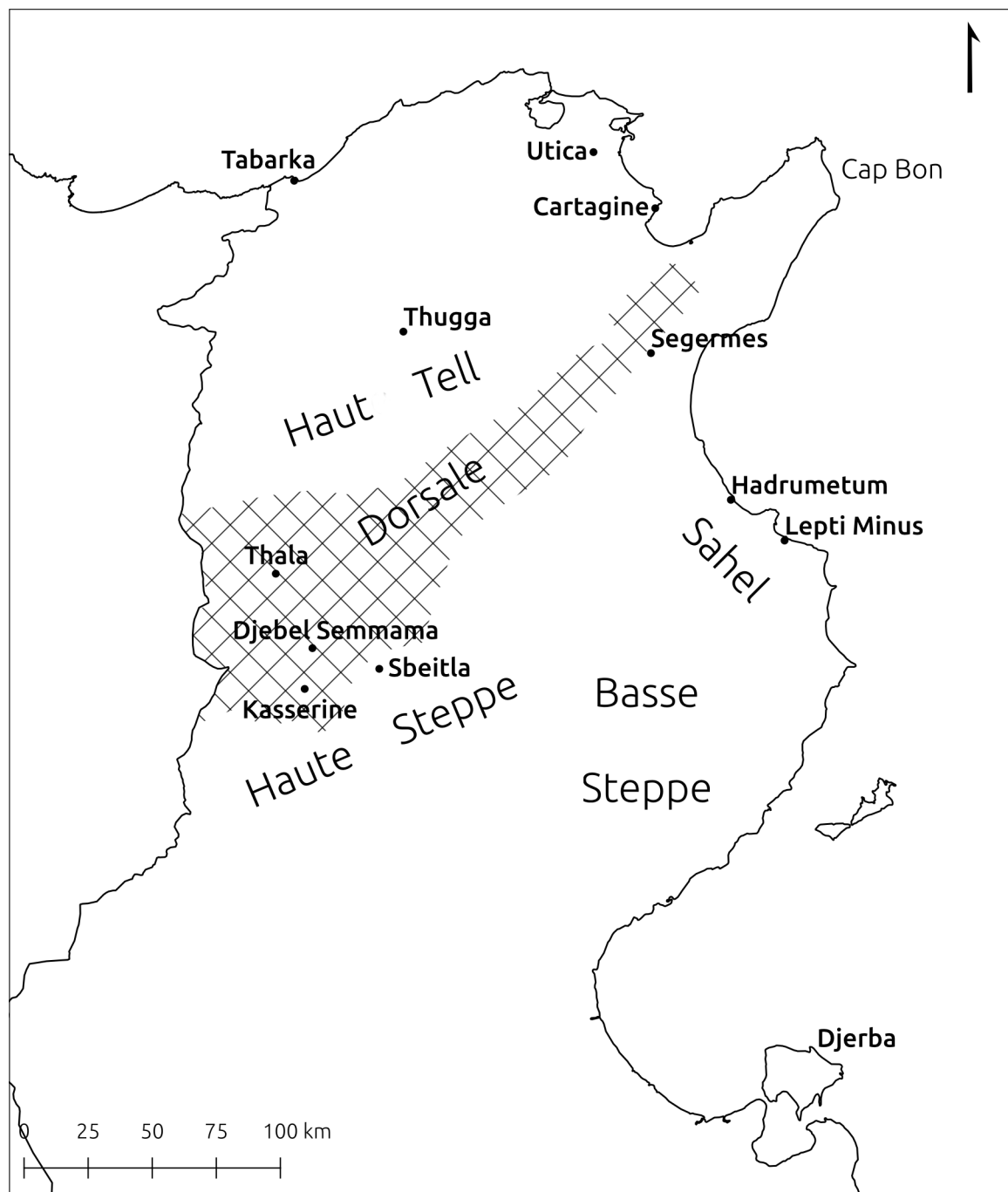


Figura 2.27: Tunisia, luoghi menzionati in questa sezione

Si andranno ad analizzare i risultati di **otto** ricognizioni. Quattro nell'attuale Tunisia.

1. *Segermes*¹²²
2. *Kasserine*¹²³
3. *Leptiminus*¹²⁴

¹²²Ørsted *et al.* 2000; Dietz, Ladjimi Sebaï e Ben Hassen 1995.

¹²³Hitchner 1988.

¹²⁴Stone, Mattingly e Lazreg 2011.

4. *Jerba*¹²⁵

Tre in Libia:

1. *UNESCO Libyan Valleys*
2. *Tarhuna Plateau*
3. *Leptis Magna*

Ed una in Algeria nel territorio di *Caesarea Mauretaniae*, l'attuale *Cherchell*.

2.5.1 Tunisia settentrionale

La zona settentrionale della Tunisia, *Cap Bon* e la fascia costiera tra *Utica* e *Tabarka* è riconosciuta come una zona a vocazione oleicola, mentre la valle del *Medjerda* nella prima età imperiale doveva essere prevalentemente coltivata a cereali, una situazione che cambia nettamente nel periodo successivo¹²⁶.

Tra le ricerche condotte in questa regione sicuramente merita un approfondimento la ricognizione della valle di *Segermes*.

Segermes Valley

Segermes è situata 15 km a est di *Zaghuan*, 80 km a sud di Cartagine e 30 km dalla costa e dall'antico porto di *Pupput*. La ricognizione portata avanti dal gruppo di ricerca danese e tunisino negli anni 1987-90, include un'area di 34 km² indagata intensivamente ed una di 200 km² indagata estensivamente¹²⁷.

Per quanto riguarda la situazione cronologica, viene rilevato un costante aumento dell'occupazione di siti a partire dall'età imperiale fino ad un periodo compreso tra la fine dell'età vandala e l'inizio di quella bizantina (500-550) che rappresenta la fase cronologica con il maggior numero di attestazioni, a cui segue un rapido declino nei periodi successivi¹²⁸.

I siti vengono suddivisi in quattro tipologie in base alle estensioni e alle caratteristiche architettoniche¹²⁹:

1. Piccoli insediamenti di estensione minore di 500 m², identificate come abitazioni a stanza singola.
2. Tra i 500 e i 1500 m², il tipo di complesso più comune che non presenta segni di architettura di pregio.
3. Tra i 1500 e i 3000 m², complessi di stato elevato, con mosaici, bagni e grandi installazioni idrauliche.
4. Agglomerati senza una disposizione regolare degli edifici che li compongono.

Mancano i grandi siti specializzati nella produzione di olio¹³⁰. All'interno dell'area ricognita si trovano un numero estremamente ridotto di elementi di pressa. In totale 32 siti hanno

¹²⁵Fentress, Drine e Holod 2009.

¹²⁶J.-P. Brun 2004b, pp. 211-2.

¹²⁷Carlsen 2000, p. 105.

¹²⁸Hansen 2000, p. 61.

¹²⁹Hansen 2000, p. 62.

¹³⁰Hansen 1995, p. 372.

restituito materiale legato alla produzione di olio¹³¹. Tra questi 29 contrappesi¹³², generalmente uno per sito o al massimo due per sito¹³³. I due siti che riportano il più alto numero di contrappesi sono *Djebel Zid* (7) e *Sidi Ahmed Rouigued* (3), si tratta in questo caso di agglomerati, nella zona nord dell'area indagata, di cui il primo viene identificato come *vicus* di un *saltus*¹³⁴.

Ad eccezione della parte settentrionale in cui si nota una concentrazione della produzione olearia, probabilmente legata alla tipologia di terreno, collinare e sassoso, lasciando invece le terre più facili da coltivare per la produzione di cereali¹³⁵. Il basso numero di presse individuate indica comunque che la produzione era concentrata su altre colture come sembra essere confermato anche dalle analisi polliniche¹³⁶ e la produzione era riservata principalmente al mercato locale¹³⁷.

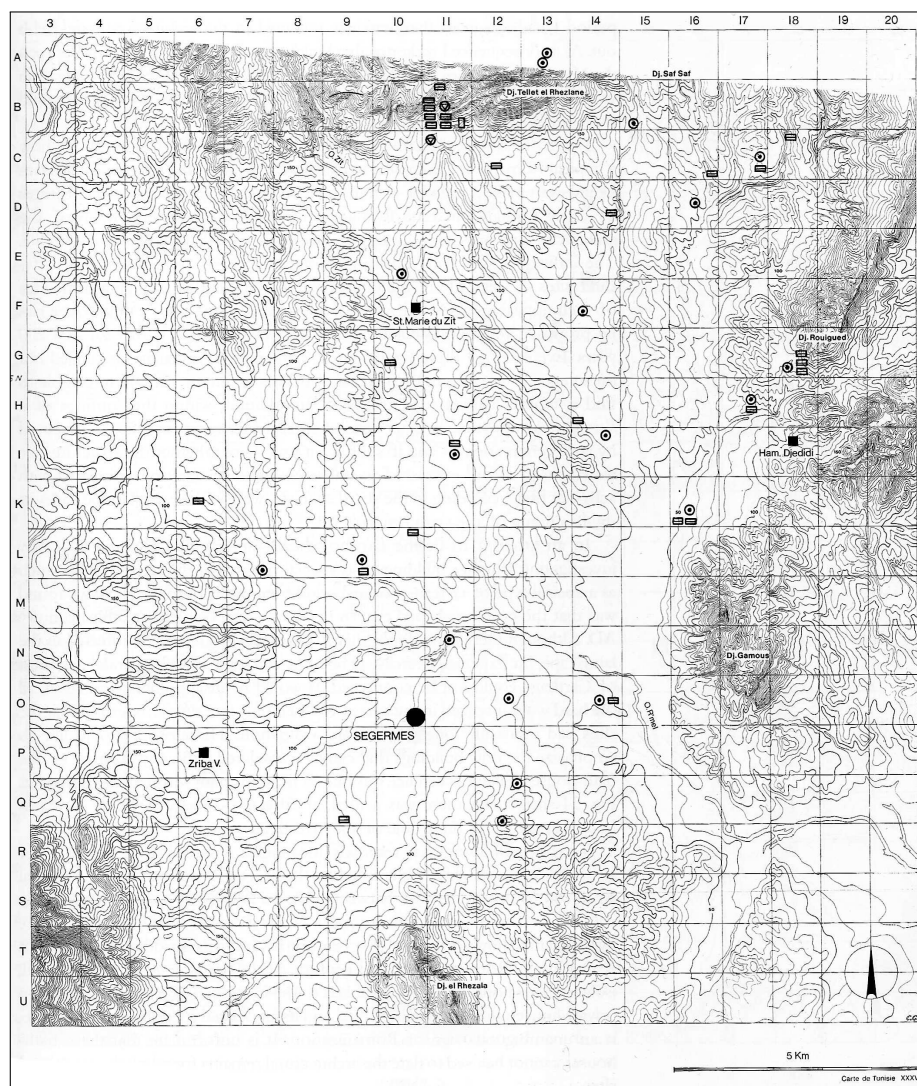


Figura 2.28: I siti con pressa nella valle di *Segermes* (da Hansen 2000, p. 69, fig. 33)

¹³¹ Carlsen 2000, p. 118.

¹³² Ørsted 2000b, p. 144.

¹³³ Carlsen e Tvarnø 1990, p. 808.

¹³⁴ Carlsen 2000, p. 117.

¹³⁵ Carlsen 1998, p. 243.

¹³⁶ Kolstrup 1995, pp. 106-7.

¹³⁷ Hansen 1995, p. 376.

2.5.2 La fascia costiera, il *Sahel*

Il *Sahel* è sicuramente una delle regioni più difficili da interpretare a livello archeologico. Meno urbanizzato in antichità (c'erano solo due centri *Thysdrus* e *Hadrumentum*), i siti si distribuiscono in modo irregolare, con una maggior concentrazione a nord e sud rispetto all'interno. A seguito dei *surveys* sono state mosse delle ipotesi per questa diffusione così irregolare. Una di queste è la presenza nell'interno di ampi *sebkhas* (depressioni del terreno facilmente inondabili, letti di laghi che periodicamente si riempiono) che impediscono la costruzione, obbligando a lasciar libere ampie aree da strutture. In aggiunta, il terreno nelle vicinanze degli *sebkhas* è spesso povero e sterile, per l'eccessiva concentrazione salina, cosa che lo rende inadatto alla coltivazione e quindi privo di attrattiva¹³⁸. Un altro fattore è la comodità di risiedere vicino la costa, più conveniente per gli spostamenti ed i commerci, cosa che rende l'interno meno adatto a una fattoria con vocazione produttiva. Un'ulteriore osservazione, che ancora fa dibattere gli studiosi, riguarda il presupposto che questa regione avesse una vocazione di produzione olearia, forse frutto di errate interpretazioni secondo alcuni. Infatti su 236 siti, solo 3 hanno elementi di pressa (mentre la regione adiacente su 317 ne conta 62)¹³⁹. Un fattore che potrebbe spiegare questo fenomeno è la singolare mancanza di edilizia di buona fattura, la maggior parte degli edifici dell'interno erano costruiti con materiale deperibile, a differenza del resto della Tunisia, questo obbliga a diverse metodologie di approccio e una maggior difficoltà di identificazione dei siti.

Séhili ipotizza che la zona costiera della *Byzacena* avesse una produzione olearia prettamente destinata all'autoconsumo, con oliveti a bassa densità che permettevano una coltura mista, anche con vigne, ma con la cerealicoltura e orticoltura che erano dominanti¹⁴⁰.

Solo l'area del golfo di *Hammamet* ha evidenze significanti di presse, avvicinandosi ad altre zone della Tunisia. Non sono stati trovati siti multi pressa o siti con *arbores*¹⁴¹.

Leptiminus

Nei dintorni di *Leptiminus* non sono state identificati elementi di pressa ad esclusione di un esemplare rinvenuto all'interno di un cimitero di epoca romana¹⁴². Quello che si nota per questa regione è proprio questa mancanza. Sembrerebbe dunque che il *Sahel* non producesse olio di oliva, ma alcuni elementi fanno propendere piuttosto per una mancanza dovuta a fattori postdeposizionali. In primo luogo ricerche palinologiche mostrano come in antichità ci sia stata una fase di predominanza dell'oliveto (60%) ed anche l'analisi delle foto aeree sembrerebbe confermarlo¹⁴³. Si deve inoltre considerare l'abbondante presenza di fornaci per anfore che è improbabile non servissero, quantomeno in parte, ad esportare la produzione locale¹⁴⁴. Probabilmente dunque il recupero già in antico dei materiali di costruzione dovuto alla scarsità di pietra disponibile in questa zona¹⁴⁵ assieme all'intensivo uso del suolo, soprattutto per l'olivicoltura attuale, hanno causato la scomparsa dei siti antichi. Non vi sono evidenze che possano confermare questa tesi, ma anche vi fossero sarebbe difficile spiegare la mancanza quasi totale di qualsiasi elemento di torchio. Probabilmente solo degli scavi sistematici nella regione potrebbero risolvere la questione, portando in evidenza elementi di torchio sepolti, o confermandone la mancanza¹⁴⁶.

¹³⁸Ben Baaziz 1999, p. 36 citato in Hobson 2012.

¹³⁹Hobson 2012, p. 117.

¹⁴⁰Séhili 2008b, p. 789.

¹⁴¹Ben Baaziz 1991, p. 49.

¹⁴²Mattingly, Stone *et al.* 2011, pp. 214-5.

¹⁴³Mattingly, Stone *et al.* 2011, p. 215.

¹⁴⁴Hobson 2012, p. 119.

¹⁴⁵Mattingly, Stone *et al.* 2011, p. 215.

¹⁴⁶Mattingly, Stone *et al.* 2011, p. 215.

2.5.3 Tunisia Centrale

La Bizacena occidentale, tra la dorsale tunisina¹⁴⁷ e l'alta steppa, è una regione altamente specializzata nell'oleicoltura¹⁴⁸, le rovine di installazioni dedicate alla pressatura sono innumerevoli¹⁴⁹.

Nella valle del *oued el Htab* Ben Baaziz conta 97 oleifici, 57 dei quali in associazione a delle fattorie e 40 isolati, oltre a quelli urbani. Un solo sito ha quattro presse, sette ne hanno tre, dodici due e gli altri solo uno¹⁵⁰.

La regione di *Thala-Tlili* non è solo quella con la più alta densità di siti con pressa, 0.7 per km² di poco inferiore agli 0.8 attestati per la ricognizione nella regione di *Kasserine* poco più a sud¹⁵¹, ma è anche quella di passaggio tra le due tipologie di ancoraggio del *prelum*, si attesta infatti l'uso sia degli *arbores* che degli incastri, talvolta nello stesso sito. Predominano gli *arbores* ad est e man mano che ci si avvicina alla dorsale subentrano gli incastri. Ci sono siti con 6-12 presse, ma generalmente lavorano in contemporanea massimo tre presse e la norma è di 1-2 presse per sito¹⁵².

La zona sud della dorsale Tunisina è anche quelle dei grandi oleifici specializzati, di cui si è già parlato (sez. 2.1) presenti nella zona di *Kasserine* (che si analizzerà nel dettaglio), di *Sbeitla*¹⁵³ e di *Djebel Semmama*¹⁵⁴.

Kasserine

La ricognizione nella regione delle città antiche di *Thelepte* e *Cillium*, intrapresa dal 1982 al 1989 ha registrato un'elevata densità di insediamento ed in particolare di oleifici, nei 75 km² sono stati identificati più di 200 siti¹⁵⁵.

Sono stati identificati 5 tipi di insediamento dagli agglomerati alle piccole strutture¹⁵⁶:

1. Agglomerati (*agrovilles*), con la presenza di numerose presse, sia singole e dunque probabilmente di piccoli proprietari come a *Ksar el Guellal* (KS 031), che raggruppate in un solo edificio.
2. La seconda categoria comprende le grandi proprietà o *villae* comprendenti numerosi edifici, alcuni dei quali di natura monumentale. A questa categoria appartengono i siti con quattro presse.
3. La terza comprende gli edifici in *opus africanum* distinguibili per l'assenza di monumentalità e comprendenti generalmente una o due presse.
4. La quarta è la più comune e comprende piccole fattorie a corte spesso con una singola pressa.
5. La quinta infine comprende gli edifici più piccoli a una o due stanze, utilizzate forse per i lavori stagionali o con funzione di magazzino.

¹⁴⁷Ben Baaziz 2003.

¹⁴⁸Séhili 2008b, p. 783.

¹⁴⁹J.-P. Brun 2004b, p. 225.

¹⁵⁰Ben Baaziz 1985, pp. 209-10.

¹⁵¹J.-P. Brun 2004b, p. 226.

¹⁵²Hobson 2012, p. 128.

¹⁵³Adyman 1962.

¹⁵⁴Séhili 2008b,a, 2009.

¹⁵⁵Mattingly e Hitchner 1995, p. 192.

¹⁵⁶Hitchner 1989, pp. 391-4.

I siti KS223 e KS225 presentano entrambi quattro presse allineate, nel secondo in particolare queste sono inserite in un grande edificio rettangolare, costruito in una sola fase, che domina il sito¹⁵⁷. Non ci sono però segni di architettura residenziale di pregio, i proprietari dunque, dovevano risiedere altrove. Questi insediamenti sono comunque interpretati come centri principali dai quali dovevano dipendere gli insediamenti più piccoli nei dintorni¹⁵⁸, essi trasformavano dunque la produzione di un'ampia proprietà fondiaria¹⁵⁹.

L'immagine generale ricostruita da Hitchner è quella di un sistema insediativo molto gerarchizzato, favorito in questo dai ricavi che potevano essere generati soprattutto dalla produzione di olio¹⁶⁰.

L'aspetto cronologico è abbastanza chiaro e vede una progressione nel numero di insediamenti dal primo fino al quarto secolo, il periodo vandalo presenta sì una lieve flessione nel numero di siti attestati ma la maggior parte è continua. Si nota anche un aumento di attività nei siti più grandi. La crisi si verifica in epoca più tarda tra il sesto e il settimo secolo, soprattutto per quanto riguarda gli insediamenti più piccoli, ciò dovuto probabilmente alla crescente insicurezza dovuta al riemergere delle tribù nomadi o all'aumento della tassazione in epoca bizantina¹⁶¹.

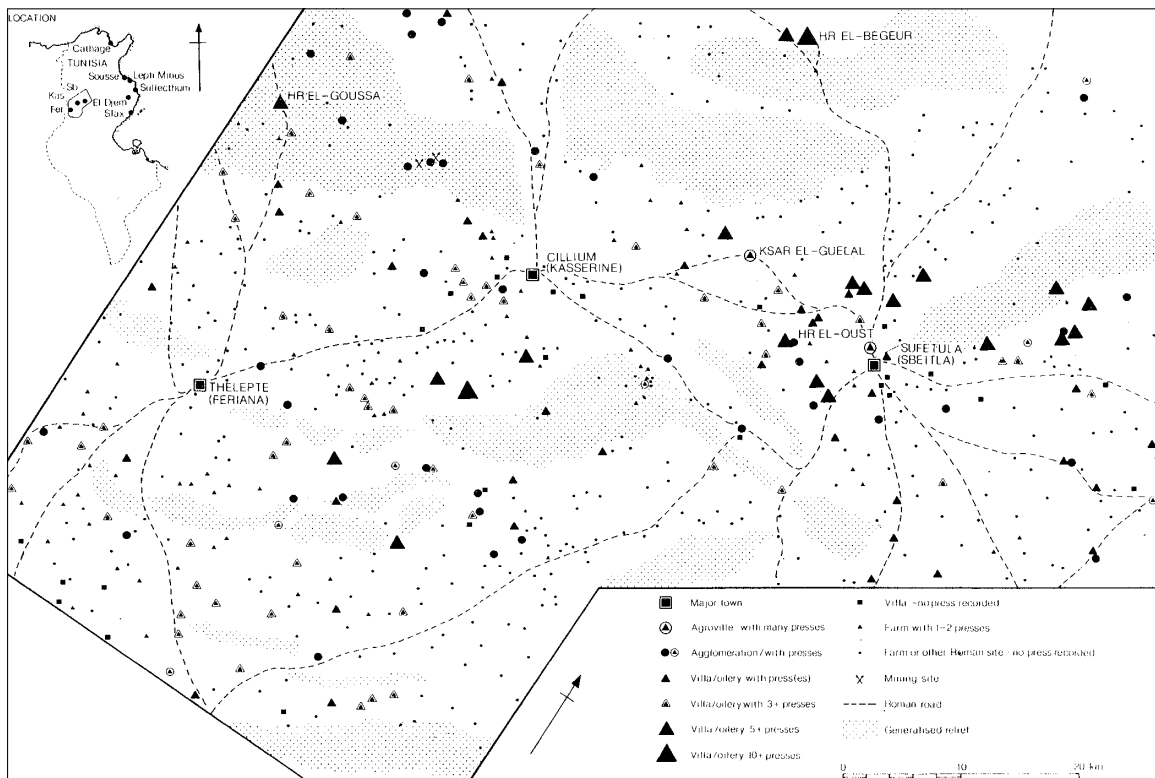


Figura 2.29: I siti con pressa nella regione di *Kasserine* (da Mattingly e Hitchner 1993, p. 442, fig. 2)

¹⁵⁷Hitchner 1989, p. 394.

¹⁵⁸Hitchner 1990, pp. 245-6.

¹⁵⁹Hitchner 1995, pp. 133-4.

¹⁶⁰Hitchner 1989, p. 401.

¹⁶¹Hitchner 1993, pp. 179-180.

2.5.4 Tunisia Meridionale

Tripolitania

Per la zona meridionale della Tunisia che fa parte della *Tripolitania*, esistono pochi *surveys* che ci aiutino a documentare la realtà archeologica del territorio. All'interno del progetto della carta archeologica ne sono stati realizzati solo tre, tutti intorno al golfo di *Gabès* (*Gabès* 147, *Kettana* 157 e *Mareth* 158). Qui la presenza di siti con pressa è ridotta, ma significativa. Sono pochi i siti trovati lungo la costa ma aumentano avvicinandosi alle zone montuose interne del *Matmata*¹⁶². Lo scarso ritrovamento di siti è spiegabile con le intense alterazioni subite dalla superficie nel corso dei secoli e le molte riorganizzazioni territoriali, fattori a cui si aggiunge il dilavamento, l'erosione delle zone collinari e l'accumulo eolico che accelera la copertura dei siti¹⁶³.

Jerba

Nell'isola di *Jerba*¹⁶⁴, sebbene siano stati identificati numerosi siti identificabili come fattorie e ville dal periodo punico al tardo antico, non sono stati rinvenuti elementi di pressa. Le fornaci per anfore lasciano però ipotizzare una certa esportazione di olio¹⁶⁵, *salsamenta* o vino. Le anfore di produzione locale sembrano essere per la maggior parte destinate all'esportazione del vino¹⁶⁶. Anche in questo caso probabilmente valgono le osservazioni fatte a proposito del *Sahel*¹⁶⁷.

La porpora e la connessa produzione tessile erano probabilmente i prodotti più rilevanti nelle esportazioni dell'isola tali da sopperire con i propri proventi alla diminuzione della produzione agricola della media età imperiale attraverso l'importazione¹⁶⁸.

La popolazione sembra aver subito un declino a Jerba prima che nel resto del Nord Africa. Il picco di popolazione viene raggiunto nella prima età imperiale con un successivo lieve declino seguito, alla metà del VI secolo, da una drastica riduzione nel numero di abitanti¹⁶⁹. Questa crisi può essere messa in relazione con la fine del commercio della porpora o con la pestilenza del 541. Si assiste ad un abbandono delle città, al trasferimento della popolazione nei villaggi e a un'economia di sussistenza¹⁷⁰.

2.5.5 Libia

In Libia ci sono stati ancora meno scavi che in Tunisia per quanto riguarda i siti con pressa. Ci sono solo due esempi di siti studiati: la fattoria Lm 4 indagata durante la campagna *UNESCO Libyan Valleys Survey*¹⁷¹ e una più recente in Cirenaica¹⁷².

I progetti di ricognizione in Libia sono concentrati nell'entroterra di *Leptis Magna*, dalla piana costiera fino al pre-deserto. Le esplorazioni di questo territorio sono iniziate già nell'800 da Cowper¹⁷³. Negli anni 1949-51 David Oates intraprese una ricognizione nel territorio

¹⁶²Hobson 2012, p. 133.

¹⁶³Mrabet 1997.

¹⁶⁴Fentress, Drine e Holod 2009.

¹⁶⁵Fentress e Fontana 2009b, p. 197.

¹⁶⁶Fentress e Fontana 2009a, p. 92; Fontana 2009, pp. 288-9.

¹⁶⁷Hobson 2012, p. 134.

¹⁶⁸Fentress e Fontana 2009b, p. 197.

¹⁶⁹Fentress, Drine e Holod 2009, pp. 207-8.

¹⁷⁰Fentress, Drine e Holod 2009, p. 209.

¹⁷¹Mattingly e Zenati 1984.

¹⁷²Buzaian 2009.

¹⁷³Cowper 1897.

del *Gebél*, nell'*hinterland* di *Leptis Magna*, trovando evidenze di siti con pressa di notevoli dimensioni¹⁷⁴.

In seguito non vi furono lavori di rilievo fino alla fine degli anni '90 con la pubblicazione dei risultati delle ricognizioni nel pre-deserto¹⁷⁵.

***Gebél* e piana costiera**

Leptis Magna Sono state ricognite diverse zone nella regione di *Leptis Magna*, nel *Wadi Bendar* nelle quali sono stati identificati 400 siti, su circa 100 kmq divisi in 4 settori¹⁷⁶.

Il primo *survey* del 1995 riporta la presenza di 11 siti di cui 10 fattorie che si concentrano in un'area di 5 kmq, dimostrando l'alta densità di fattorie a vocazione produttiva specializzate in olio di oliva attive nella regione, sebbene in scala ridotta rispetto alle parti del *Gebél*. Alcune fattorie non erano specializzate ma lavoravano a produzioni miste¹⁷⁷.

Generalmente si trova una sola pressa e più raramente due o tre¹⁷⁸. Sembra esservi un improvviso incremento nel numero di insediamenti nel corso del I sec. d.C.¹⁷⁹, tra I e III secolo si vive dunque il periodo di massima espansione. Ville e fattorie aperte sono in questo periodo i cardini del sistema insediativo¹⁸⁰. La crisi del III secolo soprattutto nella fascia costiera non intacca in maniera sostanziale il sistema agricolo dell'entroterra¹⁸¹. Nel IV secolo l'insediamento rurale si fortifica, circa un terzo delle fattorie sono ora *gsur*¹⁸², fattorie fortificate su iniziativa privata in risposta allo smantellamento del *limes* severiano che aveva aumentato l'insicurezza legata alle scorrerie delle popolazioni nomadi¹⁸³. Ciononostante si assiste al crollo dell'insediamento alla metà del V secolo in corrispondenza con l'invasione vandala¹⁸⁴.

Le fattorie erano generalmente equipaggiate con una o più presse olearie, ma non si esclude potessero essere anche vinarie¹⁸⁵, non si tratta dunque di oleifici in batteria.

Tarhuna Plateau Recentemente Mftah Ahmed ha condotto una ricognizione concentrandosi sull'area di *Wadi Turgut* e *Wadi Doga* rilevando, in circa 115 kmq, 111 siti di cui 61 avevano elementi di torchio per un totale stimato di 210 presse¹⁸⁶. Il 30% di questi siti è riconducibile alla tipologia di oleificio a presse multiple, nei quali sono presenti però oltre il 50% di tutte le presse¹⁸⁷. Stimando la produzione Ahmed ha affermato che la produzione dei siti con più di 5 torchi era superiore a quella delle categorie 1-2 torchi e 3-4 messe insieme. I siti vengono divisi in villaggi (4), oleifici specializzati (16), grandi fattorie (17), fattorie fortificate, *gsur* (26) e piccole fattorie (20). Tra queste 12 (di cui 8 tra gli oleifici specializzati) sono state identificate come *villae* in base alla presenza di mosaici, terme, portici o intonaci dipinti. Ciò sembra in parte mitigare l'osservazione di Barker¹⁸⁸ che la maggior parte delle fattorie del *Gebél* fossero proprietà di aristocratici che vivevano in città, a causa dei pochi

¹⁷⁴Oates 1953.

¹⁷⁵Barker 1996.

¹⁷⁶Munzi 2010, p. 45.

¹⁷⁷Fontana, Munzi e Ricci 1996, pp. 70-1.

¹⁷⁸Munzi, Felici, Cirelli *et al.* 2010, p. 732.

¹⁷⁹Munzi, Felici, Cifani *et al.* 2004, p. 21.

¹⁸⁰Munzi, Felici, Cirelli *et al.* 2010.

¹⁸¹Munzi in Musso 2010, pp. 51-2.

¹⁸²Cirelli, Felici e Munzi 2012, pp. 765-6.

¹⁸³Munzi 2010, pp. 60-1.

¹⁸⁴Munzi 2010, p. 67.

¹⁸⁵Munzi 2010.

¹⁸⁶Ahmed 2010, p. 14.

¹⁸⁷Ahmed 2010, p. 117.

¹⁸⁸Barker *et al.* 1996, p. 283.

segni di lusso e dell'assenza di mausolei che lasciava ipotizzare che i proprietari si facessero seppellire altrove.

Per quanto riguarda la cronologia si nota un aumento dei siti dal I al III secolo seguito da una graduale e costante contrazione a partire dal IV¹⁸⁹, senza però grosse cesure, come invece è riportato per i 4 settori ricogniti dall'*equipe* italo-libica sempre nell'entroterra di *Leptis Magna*.

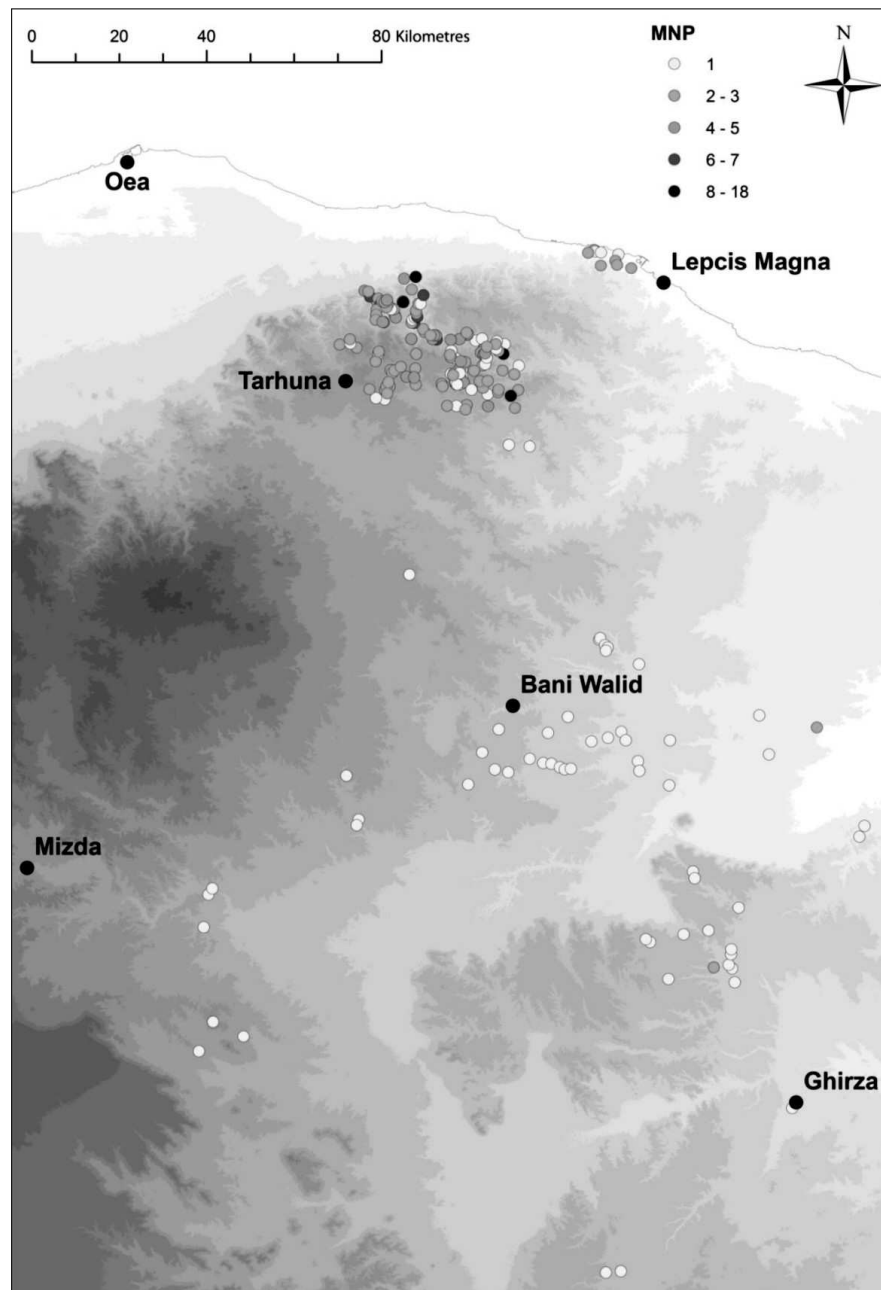


Figura 2.30: I siti con pressa nelle zone del *Tarhuna Plateau* e del pre-deserto (da Hobson 2012, p. 141, fig. 3.3)

I siti di grandi dimensioni *Senam Semana* (17 presse), *Sidi Buagila* (8 presse) e *Henchir Sidi Hamdan* (9 presse) rappresentavano una singolarità, ed erano all'apice della gerarchia

¹⁸⁹ Ahmed 2010, p. 168.

insediativa, tuttavia sono andati in crisi dal IV sec d.C. al contrario dei siti minori che sono stati utilizzati in alcuni casi fino al VII sec.¹⁹⁰, molti siti sono stati riutilizzati, obliterando i resti romani, con la costruzione di fortificazioni.

Il lavoro di Ahmed ha completato i lavori di Oats¹⁹¹ e Cowper che avevano ricognito le aree subito adiacenti, scoprendo oltre 50 siti con pressa nuovi. Analizzando i tre *surveys* e scremando i siti segnalati da più di uno, Hobson calcola che l'area conti 160 siti e 440 presse, con una media di 2,75 presse per sito¹⁹². La maggior parte dei siti avevano 1-2 presse attive, 6 siti 6-7, molti 3-4, di grandi dimensioni è *Senam Semana* che ne conta 17¹⁹³ che lavoravano in batteria¹⁹⁴.

UNESCO Libyan Valleys Survey

Il tipo di territorio in cui si è svolta la ricerca è difficilmente paragonabile a quelli presi in considerazione in questo lavoro in quanto l'insediamento era concentrato in ristrette nicchie, nelle vicinanze dei *Wadi*¹⁹⁵. La disponibilità di acqua che veniva offerta da questi era sicuramente il primo fattore ad influenzare l'insediamento¹⁹⁶.

Le tipologie di insediamenti individuati¹⁹⁷ sono:

1. agglomerati fortificati su alture (*Oppida*)
2. fattorie a cortile dagli 800 ai 2500 mq, o fattorie meno complesse
3. fattorie fortificate (*gsur*)

Le fattorie aperte vivono una fase di crescita a partire dalla seconda metà del primo secolo dopo Cristo e continuano a crescere per tutto il secondo entrando in crisi nei periodi successivi e venendo rimpiazzati dai fattorie fortificate¹⁹⁸ che raggiungono il picco di diffusione tra il IV e il V secolo e vengono abbandonate tra il VI e il VII¹⁹⁹. Nella fascia predesertica i siti tendono ad avere una sola pressa²⁰⁰). I sessanta siti con pressa, che vengono ritenuti tuttavia abbondantemente sottorappresentati²⁰¹, iniziano già nelle prime fasi di insediamento e si presume continuo anche nelle ultime fasi di occupazione²⁰².

2.5.6 Algeria

Caesarea di Mauritania La ricognizione effettuata da Leveau nell'entroterra di Caesarea di Mauritania ha portato all'individuazione di numerosi centri di pressatura, sia grandi complessi specializzati sia in *villae* che in piccole fattorie²⁰³ anche se non mancano oleifici isolati²⁰⁴. Diversi piccoli insediamenti, anche con oleificio, sono interpretati come direttamente

¹⁹⁰Hobson 2012, p. 142.

¹⁹¹Oates 1953.

¹⁹²Hobson 2012, pp. 139-40.

¹⁹³Cowper 1897, pp. 279-282.

¹⁹⁴Hobson 2012, p. 140.

¹⁹⁵Mattingly 2004, p. 165.

¹⁹⁶Mattingly e Flower 1996, p. 182.

¹⁹⁷Jones 1985, pp. 264-6; Mattingly e J. N. Dore 1996, pp. 147-55.

¹⁹⁸Mattingly e J. N. Dore 1996, p. 155.

¹⁹⁹Mattingly e J. N. Dore 1996, p. 157; Mattingly, Sterry e Leitch 2013, p. 186.

²⁰⁰Mattingly 1985, p. 40; Mattingly e J. N. Dore 1996, p. 140.

²⁰¹Mattingly 1985, p. 39; Mattingly e Flower 1996, p. 168.

²⁰²Mattingly e Flower 1996, p. 169.

²⁰³Leveau 1984, p. 466.

²⁰⁴Leveau 1984, p. 434.

dipendenti dal centro principale (villa)²⁰⁵. In totale sono stati censiti 61 siti oleicoli²⁰⁶ con una densità di circa uno ogni 10 km². Le ville si dispongono nelle immediate vicinanze della città e sono interpretate come zone di diretta influenza di quest'ultima, mentre nelle zone più interne si ha una prevalenza di agglomerati²⁰⁷.

Costruite a partire dalla seconda metà del I secolo, alla fine del IV le grandi fattorie e la maggior parte delle ville sembrano essere abbandonate²⁰⁸. Questo però non è visto come un completo declino ma piuttosto come una riorganizzazione dello spazio rurale, in quanto la città testimonia ancora la presenza di una ricca aristocrazia, che doveva la sua ricchezza, almeno in parte, allo sfruttamento agricolo del territorio²⁰⁹. Infatti all'abbandono delle ville si oppone la continuità insediativa dei piccoli e medi agglomerati²¹⁰.

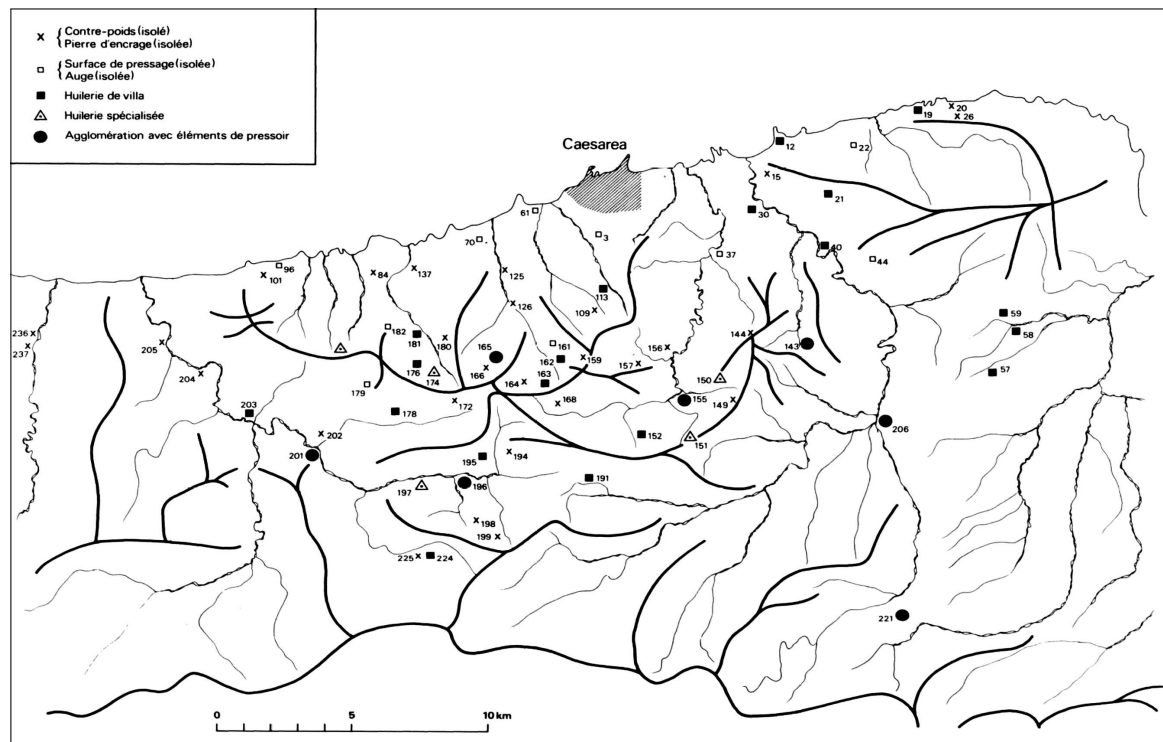


Figura 2.31: I siti con pressa nell'entroterra di *Caesarea* (da Leveau 1984, p. 428, fig. 229)

I siti con pressa vengono inizialmente identificati tutti come oleifici, per alcuni di questi però, in particolar modo quelli più specializzati, recentemente si è rivista l'interpretazione lasciando più spazio all'ipotesi di presse destinate alla produzione di vino²¹¹. Gli oleifici specializzati in alcuni casi potevano accogliere teoricamente anche una ventina di presse, anche se in nessuno caso questo numero è stato effettivamente riscontrato sul terreno²¹².

Le *villae* tendono a disporsi in maniera uniforme sul territorio mentre gli agglomerati tendono a disporsi talvolta in relazione a queste talvolta in maniera indipendente²¹³. Gli oleifici generalmente tendono a posizionarsi sulle montagne dell'interno, sfruttando in questo

²⁰⁵Leveau 1984, pp. 469-70.

²⁰⁶Leveau 2007, p. 59.

²⁰⁷Leveau 1984, p. 483.

²⁰⁸Leveau 2007, pp. 59-60.

²⁰⁹Leveau 1984, p. 485, 1990, pp. 137-8.

²¹⁰Leveau 1984, pp. 483-5.

²¹¹Leveau 2011, p. 417.

²¹²Leveau 1984, p. 435.

²¹³Leveau 1984, p. 469.

modo i territori non adatti ad altre colture, ma allo stesso tempo erano presenti anche nelle pianure costiere e sull'altipiano di Sidi Moussa²¹⁴.

2.5.7 Conclusioni

Le ricognizioni condotte in Tunisia e Libia hanno evidenziato una significativa diversificazione nell'organizzazione della produzione dei territori. Le zone più aride, come l'alta steppa, la dorsale tunisina e il *Gebél* libico devono aver scoraggiato la coltivazione di cereali favorendo l'arboricoltura, in queste zone vi è infatti una gran densità di siti specializzati. La produzione di olio e/o vino era però importante anche in tutte le altre regioni, dalla fascia costiera a nord, all'Alto Tell, anche se qui sembrano assenti i grandi centri specializzati e, come nelle zone indagate nel *Thugga Survey* e nel *PNEK Survey*, la produzione era suddivisa in molti siti di dimensioni più ridotte.

Il ruolo degli agglomerati deve essere stato quello di sede della forza lavoro, dei lavoratori liberi, che si occupavano della messa a coltura delle terre sia come *coloni* che come lavoratori occasionali. Questa interpretazione è coerente con quella data da Carlsen²¹⁵ per la *Segermes Valley* e da Leveau²¹⁶ per *Caesarea*. Agglomerati che dovevano essere però anche centri produttivi, come testimonia la presenza di presse.

La produzione ed esportazione di olio iniziò prima in Tripolitania che in Tunisia, a *Leptis Magna* dopo la guerra civile tra Pompeo e Cesare. In Tunisia centrale invece l'esportazione di olio iniziò in un secondo momento. A Roma ed Ostia i resti di anfora importati dalla regione corrispondente all'attuale Tunisia raggiungono grandi numeri nella prima metà del terzo quarto del II secolo d.C. Nel III secolo sono molto comuni in tutti i siti costieri, anche in Spagna, Francia e Sicilia²¹⁷.

L'olio rappresenta senza dubbio uno dei prodotti principali dagli inizi del III secolo, quando con Settimio Severo viene distribuito liberamente, anche se probabilmente rientrava nei beni distribuiti dallo stato gestiti dall'*annona* già dalla metà del secondo secolo²¹⁸. Era distribuito gratuitamente anche in molte città africane, se è valida l'associazione del termine *gymnasium* con le distribuzioni che avvenivano nelle terme, come proposto da Abdellaoui²¹⁹. Milioni di litri d'olio e vino dovevano dunque venir trasportati dagli stabilimenti periferici ai porti e alle città. Con la sola ricognizione è però difficile distinguere la produzione dell'olio da quella del vino, rendendo difficile una valutazione sicura dell'importanza di queste due merci nel sistema produttivo.

La produzione ed esportazione dell'olio dovette esser significativa per l'affermazione delle *élites* locali come è avvenuto sicuramente in Tripolitania²²⁰. La presenza dei siti specializzati può indicare una differente organizzazione della produzione e del territorio. L'organizzazione del *Gebél* libico, sembra avere una gestione centralizzata dove avveniva la produzione di olio e vino a scopi commerciali, che ben si adatta con la presenza di *élites* molto influenti. Si può dunque supporre che il *boom* delle esportazioni abbia influito sulla composizione e struttura della società rurale in generale.

²¹⁴Leveau 1984, p. 466.

²¹⁵Carlsen 2000, pp. 127-8.

²¹⁶Leveau 1984, p. 412.

²¹⁷Hobson 2012, p. 222.

²¹⁸Hobson 2012, p. 218.

²¹⁹Abdellaoui 2007.

²²⁰Mattingly 2005, p. 242.

L'insediamento rurale, espansione e contrazione

A partire dalle ricognizioni, pur con tutti i problemi legati alla datazione basata pressoché unicamente sui rinvenimenti ceramici di superficie, si può tentare di rilevare delle tendenze nell'andamento dell'occupazione dei siti rurali in Nord Africa nei periodi che interessano il presente lavoro.

La tarda età romana Il periodo tardo romano è ormai riconosciuto in Africa come un periodo di espansione economica, o perlomeno non di contrazione come avviene invece in altre parti dell'impero. In tutte le zone indagate dell'*Africa Proconsularis* la tarda età romana è una fase di piena espansione con la crescita del numero di insediamenti occupati. In *Tripolitania* si nota invece una sostituzione del tipo di insediamento a favore della fattoria fortificata, è evidente dunque una certa insicurezza, legata alle incursioni delle popolazioni nomadi. La volontà e la possibilità di investire in queste fortificazioni fa ritenere però che l'economia della regione non fosse ancora entrata in una situazione di crisi evidente. Nell'entroterra della *Mauretania*, a *Diana Veteranorum*, gli inizi del V secolo sono il periodo di massima densità dell'insediamento rurale seguito da una rapida crisi nei periodi successivi²²¹.

Il generale benessere riscontrato in *Africa Proconsularis* sembra essere confermato anche da analisi geologiche e chimiche portate avanti sul bacino del *Medjerda*. In particolar modo è stato osservato come vi sia un deposito di uno strato di ciottoli che viene messo in relazione con l'intensità raggiunta delle coltivazioni alla fine dell'epoca romana²²². Un altro dato interessante è legato invece all'aumento significativo, in quanto l'unica variazione degna di nota in tutti i periodi analizzati a partire dal tardo Pleistocene fino alla fine del Medioevo, della presenza di Piombo negli strati alluvionali del *Medjerda* sempre nello stesso periodo²²³, legata alle attività estrattive, che quindi sembrano prosperare.

Età vandalica Durante il periodo vandalo non si assiste ad un declino drastico della produzione rurale²²⁴, ciò si vede in molti *surveys* come quello di *Kasserine* dove il periodo vandalo presenta sì una lieve flessione nel numero di siti attestati ma la maggior parte continua, la crisi si verifica in epoca più tarda tra il sesto e il settimo secolo, soprattutto per quanto riguarda gli insediamenti più piccoli, ciò dovuto probabilmente alla crescente insicurezza dovuta al riemergere delle tribù nomadi²²⁵. Una crisi della piccola proprietà in età vandala si può intuire anche dalle Tavole Albertini, con molti piccoli proprietari costretti a vendere²²⁶. A *Segermes* la fine della fase vandala e l'inizio di quella bizantina è quella maggiormente attestata.

Le esportazioni tunisine subiscono un incremento nel tardo V inizi VI secolo segnato dalla creazione di un nuovo tipo di anfora destinata all'olio da esportazione la (Keay 62)²²⁷.

In *Tripolitania* la situazione è differente, in questo caso si registra già in epoca tardo romana a partire dal III-IV secolo una crisi generalizzata con l'introduzione delle fattorie fortificate e l'abbandono di quelle aperte, con un generale calo nel numero di siti. Registra invece una profonda crisi, proprio in età vandala, la regione di *Leptis Magna* che riporta un crollo del numero di insediamenti occupati a metà del V secolo.

²²¹Fentress 2013.

²²²Zielhofer *et al.* 2002, p. 122, l'interpretazione di questo dato però non è univoca, si veda la sezione 1.2.

²²³Moldenhauer, Zielhofer e Faust 2008, p. 134.

²²⁴Palmieri 2008, p. 1087.

²²⁵Hitchner 1993, pp. 179-180.

²²⁶Von Rummel 2011, pp. 35-6.

²²⁷Reynolds 2010, pp. 147-8.

Età bizantina Ancora in età bizantina si ritiene generalmente il Nord Africa come una zona con un'economia positiva, soprattutto se paragonata a quella delle altre ex province romane. Ancora nel VII secolo, l'Africa era sicuramente un'importante risorsa per le finanze imperiali²²⁸.

Le ricognizioni rilevano un calo più accentuato nel numero di insediamenti. In alcuni casi questa crisi sembra più evidente come a *Segermes* nel VII secolo, anche se non si tratta di un completo abbandono come sembrano suggerire i dati raccolti nel pre-deserto libico, nel *Tarhuna Plateau* e a *Kasserine* oltre che nel *Thugga Survey*.

Le esportazioni continuano nel periodo bizantino, l'*annona* sia *militaris* che *civica* genera esportazioni a lunga distanza. Attestazioni delle esportazioni dall'attuale Tunisia sono presenti nel Mediterraneo orientale, a Costantinopoli, e nelle regioni dell'Egeo e del Danubio per l'approvvigionamento delle truppe lì stanziato, anche se in questo caso la scarsità di anfore fa pensare ad una prevalenza di esportazioni di grano²²⁹.

Le fonti arabe confermano una situazione di una crisi economica non devastante sia per quanto riguarda la ricchezza monetaria (intuibile dai racconti di bottini e riscatti) che per quanto riguarda la fonte di questa ricchezza ossia, l'agricoltura²³⁰.

La vitalità dell'economia africana nel periodo tardo antico risulta evidente dai dati provenienti dalle ricognizioni²³¹, tanto da far ipotizzare a Dossey una *late antique consumer revolution*²³². Le popolazioni delle campagne hanno in questo periodo accesso a beni che possono essere considerati di lusso, in primo luogo le ceramiche fini da mensa, che nei secoli precedenti erano a loro precluse. Anche se le ragioni per questo cambiamento nelle modalità di consumo non sono legate unicamente alla maggiore ricchezza, ma anche a motivazioni politiche e sociali²³³.

In generale ciò che si osserva è un'espansione dell'insediamento e il cambiamento dell'economia in favore di produzioni più redditizie, la ricchezza così prodotta nelle campagne si manifesta non solo nella ricchezza di alcuni di questi centri ma anche e soprattutto nelle centinaia di città che venivano sostenute da questo sistema²³⁴. Città che sembrano avere un picco di prosperità tra fine IV ed inizi V secolo²³⁵.

2.6 Le leggi agrarie

Un'analisi, per quanto ridotta, delle tipologie di insediamento rurale in Nord Africa non può prescindere da un accenno alle leggi agrarie, la *Lex Manciana* e la *Lex Hadriana de rudibus agris*.

Queste leggi sono conosciute attraverso le grandi iscrizioni che si datano tra II e inizi III secolo, rinvenute nel bacino del *Bagrada*, ad *Henchir Mettich*, *Souk el Khmis*, *Aïn Djemala*, *Aïn Ouassel* e *Lella Drebbia*. Le ultime tre si trovano all'interno dei confini della ricognizione del *Thugga Survey*. Esse sono volte ad aumentare la resa dei *saltus* imperiali e di sviluppare l'economia locale attraverso la messa a coltura delle terre marginali e dei *subseciva*²³⁶. Si

²²⁸Kaegi 2010, p. 65.

²²⁹Reynolds 2010, p. 153.

²³⁰Mrabet 1995, pp. 128-131.

²³¹Non tutte le fonti concordano però su un quadro così generalmente positivo, in base ad alcune fonti storiche è stato tracciato un quadro opposto di crisi demografica e di coltivazioni molto diminuite durante il basso impero (Cataudella 1989).

²³²Dossey 2010.

²³³Dossey 2010, pp. 89-97.

²³⁴Mattingly 2011, p. 159.

²³⁵Zerbini 2013, p. 49.

²³⁶Mastino 1999, p. 380.

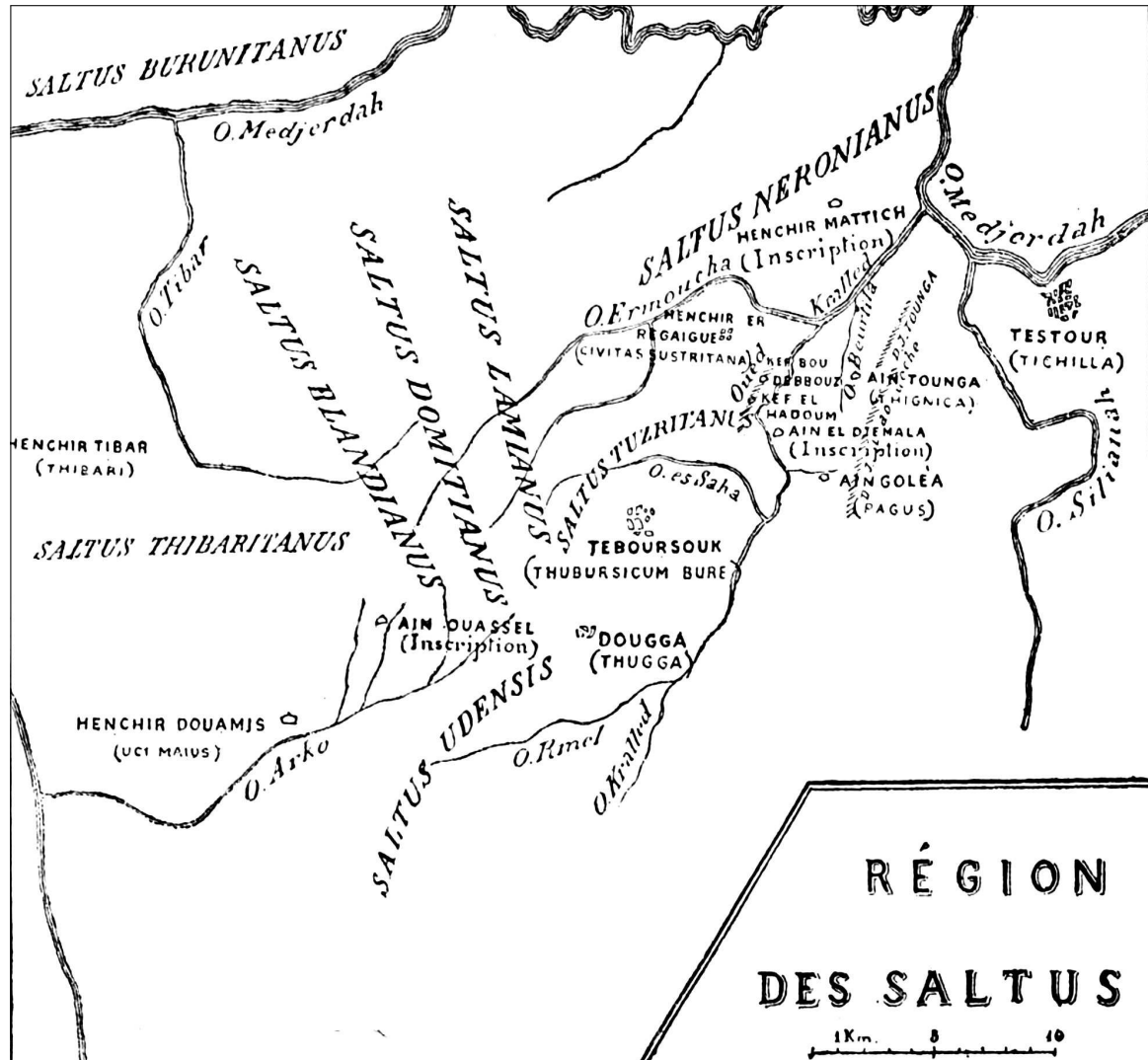


Figura 2.32: Ipotesi generica di collocazione dei *saltus* nella regione delle grandi iscrizioni (Carcopino 1906, fig. 8, p.427)

concede il diritto a chiunque di occupare ogni terra non coltivata, all'interno di un gruppo di proprietà, se queste terre non erano lavorate dai *conductores*. In cambio i *coloni* ricevevano l'esenzione dalle tasse per un numero di anni differente a seconda del tipo di coltura e avevano la possibilità di trasmettere i propri diritti ai propri eredi. Non si concedeva comunque la piena proprietà delle terre messe a coltura ai *coloni*²³⁷.

La *lex Manciana* nasce secondo Kehoe come un accordo privato che in seguito il fisco statale adotta probabilmente modificandolo²³⁸.

In base a queste iscrizioni si colgono tre attori principali nello sfruttamento delle proprietà imperiali, lo Stato che decide di non sfruttare direttamente le proprie terre, i *conductores* che le ricevevano in gestione per un certo periodo di tempo e i *coloni* che invece si occupavano della loro messa a coltura effettiva²³⁹. La presenza di manodopera servile risulta essere probabilmente di scarsa importanza e la principale forza lavoro era costituita appunto da

²³⁷ Kehoe 2007, pp. 60-1.

²³⁸ Kehoe 1984, p. 249.

²³⁹ Pons Pujol, Garrote Sayó e Soria Rincón 2008, pp. 1236-7; Kehoe 1988, p. 6.

contadini liberi²⁴⁰.

I *conductores* che avevano un contratto di una durata limitata a 5 anni erano naturalmente inclini a cercare di guadagnare il più possibile velocemente, erano dunque più propensi a coltivazioni che davano guadagni a breve termine, come il grano, e meno interessati ad investimenti a lungo termine come le coltivazioni arboricole. In questo senso gli interessi dell'amministrazione e dei *conductores* erano spesso contrastanti. Anche la messa a coltura di terre incolte poteva nuocere ai loro incassi, infatti l'impegno dei *coloni* nel mettere a coltura nuove terre poteva far diminuire le rendite delle terre già coltivate, le stesse terre incolte potevano inoltre essere fonte di guadagno concedendole per il pascolo²⁴¹. Durante il III secolo la forma della *locatio-conductio* sparisce gradualmente sostituita dallo *ius emphyteuticarium*, concessione di lunga durata od anche a vita²⁴², con il pagamento di un canone fisso e la possibilità di lasciare in eredità, alienare o donare il fondo²⁴³, favorendo in questo modo gli investimenti a lungo termine più remunerativi.

Benché definiscano sé stessi *miserrimi*, la condizione dei *coloni* nel II secolo non doveva essere in realtà così svantaggiosa²⁴⁴. Dovevano sì pagare tributi ai possessori terrieri, un terzo del raccolto, e prestare un certo numero di giorni di lavoro gratuito, ma ci sono diversi indizi che testimoniano una loro condizione tutto sommato buona. Infatti possedevano animali, le loro fattorie, come già ricordato, sono dette *villae*, alcuni di loro possedevano terreni anche *extra fundum* e quasi sempre le iscrizioni sono pagate dagli stessi *coloni*²⁴⁵. Questi erano, secondo Kehoe, in possesso di fattorie (*villae*) che dovevano essere autosufficienti, in grado cioè di lavorare il prodotto in modo da pagare la propria parte del raccolto con un prodotto finito, grano, orzo, piselli, olio, vino e miele²⁴⁶. Naturalmente il maggior investimento per la lavorazione dei prodotti agricoli è richiesto dalla pressatura per olio e vino.

Nel IV secolo i *coloni* delle proprietà imperiali erano vincolati alla terra per ragioni fiscali e nella tarda antichità la loro condizione sembra essere peggiorata *de facto* e *de iure*²⁴⁷. Ciononostante le modalità di affitto delle terre non sembra essere cambiata nel IV e V secolo, come lasciano supporre le tavolette Albertini²⁴⁸. Queste consistono in una serie di atti di vendita, datati tra 493 e 496 d.C., generalmente di piccole proprietà terriere acquistate dai membri della famiglia dei *Gemini*²⁴⁹. Scoperti nel 1928 in un luogo imprecisato del *Djebel Mrata*²⁵⁰ a circa 100 km a sud di *Theveste* confermano che lotti di terra coltivati sotto la regolamentazione della *Lex Manciana* esistono ancora in epoca Vandala.

Proprietà delle fattorie In base alle “grandi iscrizioni”, Kehoe e Carlsen²⁵¹ ritengono che le fattorie usate dai coloni appartengono direttamente a loro. Nell'iscrizione di *Henchir Mettich* si fa esplicito riferimento alla possibilità di entrare in possesso di un terreno oltre che portandolo a coltura anche costruendoci una fattoria²⁵². Per quanto riguarda le proprietà imperiali, sembra improbabile che il Fisco fosse intenzionato ad investire il denaro necessario

²⁴⁰Carlsen 1991, p. 637; Sirago 1987, p. 262.

²⁴¹Kolendo 1976, pp. 120-1.

²⁴²Carlsen 2000, p. 120.

²⁴³Vera 1987, p. 272.

²⁴⁴Carlsen 2000, pp. 119-20.

²⁴⁵Carlsen 2000, p. 120.

²⁴⁶Kehoe 1988, pp. 229-33.

²⁴⁷Carlsen 2000, p. 120.

²⁴⁸Albertini 1930.

²⁴⁹Courtois *et al.* 1952, p. 208.

²⁵⁰Wessel 2003, p. 21.

²⁵¹Kehoe 1988; Carlsen 2000.

²⁵²Kehoe 1988, p. 98.

per costruire le fattorie e le presse. Il *conductor* d'altra parte, avendo un contratto di soli 5 anni, sarebbe stato ancora meno disponibile ad un investimento di tale portata.

Va ricordato inoltre che le Tavole Albertini riportano anche la vendita di un *torcularium*²⁵³ che dunque doveva essere di proprietà di uno di quei *coloni* le cui vite lavorative erano regolate dalla *Lex Manciana*.

Frier invece basandosi su una legge riportata nel Digesto²⁵⁴ rileva che:

The landlord had to furnish his tenant with a farm in good operating condition, ready to produce crop²⁵⁵.

In questo caso però sembra si parli prettamente di proprietà private e dunque sono giustificabili le differenti condizioni. Un proprietario infatti poteva avere interesse a migliorare la produzione del proprio terreno, anche investendo cifre consistenti per la costruzione delle fattorie per coloro che sarebbero andati a coltivarlo. Mettendoli nella condizione di aumentare la produzione e dunque i suoi stessi ricavi.

Sembrerebbe quindi che sulle proprietà imperiali fossero i *coloni* ad investire il proprio denaro per la costruzione della fattoria oltre che per la messa a coltura delle terre, al contrario in quelle private erano semplicemente degli affittuari e gli investimenti erano a carico del proprietario.

La scoperta delle “grandi iscrizioni” ha creato l'impressione che la maggior parte della produzione si basasse sui mezzadri, chiamati *coloni* sia dalle fonti epigrafiche che in letteratura²⁵⁶. Questo dato unito alla mancanza di oleifici specializzati lascia dunque ipotizzare che nelle zone indagate vi fosse una produzione legata ai piccoli coltivatori che avevano la volontà ed una certa possibilità di fare investimenti nella produzione, anche se in maniera più limitata rispetto ai grandi proprietari. Questi piccoli agricoltori sarebbero dunque riconoscibili facilmente nei *coloni* protagonisti della *Lex Manciana* e della *Lex Hadriana de rudibus agris*.

2.7 Olio o vino?

Generalmente vi è una tendenza ad identificare la maggior parte delle presse come destinate alla produzione di olio. Ciò in parte è dovuto anche alla scarsa presenza di anfore africane destinate al trasporto del vino in confronto di quelle destinate per olio e *salsamenta*²⁵⁷. Oppure ad una tendenza a interpretare come destinate al trasporto di olio anche anfore di cui non è certo il contenuto²⁵⁸. Recentemente vi è invece una tendenza a tenere più in considerazione l'importanza della produzione di vino anche in Africa²⁵⁹. Spesso infatti installazioni vitivinicole vengono interpretate come oleifici²⁶⁰, come ad esempio le strutture di *Thaenae* e *Satafis* che Brun reinterpreta in tal senso²⁶¹. Lo stesso autore propone anche di reinterpreta alcune installazioni nell'entroterra di *Cherchell*²⁶² e le presse rupestri della *Kabylie* come strutture a vocazione vinicola.

²⁵³Courtois *et al.* 1952, p. 295.

²⁵⁴Ulp. *Digesta* 19.2.15.2.

²⁵⁵Frier 1979, p. 209.

²⁵⁶Rostovtzeff 1926, p. 289; Carlsen 1991, p. 637.

²⁵⁷Marlière e Torres Costa 2007, p. 94. Ma questo potrebbe anche essere dovuto al trasporto in otri e botti che non lasciano tracce archeologiche (Marlière e Torres Costa 2007, p. 94; Marlière 2009).

²⁵⁸Bonifay 2007, p. 20, 2009, p. 289.

²⁵⁹Leveau 2011, pp. 416-7.

²⁶⁰Hilali 2008, pp. 223-4.

²⁶¹J.-P. Brun 2003b citato in Hilali 2008, p. 224 e J.-P. Brun 2007, p. 64.

²⁶²Leveau 2011, p. 417.

Naturalmente distinguere solo in base ad un'analisi visiva è una pratica che può portare ad errori²⁶³. Per arrivare a una risposta definitiva servirebbero analisi palinologiche e carpologiche, impossibili da portare avanti in assenza di scavi stratigrafici. Esiste anche la possibilità di effettuare analisi chimiche²⁶⁴.

Un ulteriore fattore da segnalare è la grande diversità di tipologie che sono però difficilmente assegnabili ad una od all'altra produzione, anche per il fatto che uno stesso torchio poteva essere utilizzato per i lavori più disparati. Ci sono esempi di presse olearie usate per pressare formaggio, miele e lana²⁶⁵.

Basandoci esclusivamente sulla tipologia delle presse è difficile arrivare a risposte esaustive, in quanto non vi sono differenze teoriche tra pressa per olio o per vino²⁶⁶. Anche se Catone tiene una distinzione tra la pressa da vino e da olio, la prima secondo la sua descrizione, deve essere più grande. Esattamente sostiene che gli *arbores* e gli *stipites* devono essere di due piedi più alti. Questo purtroppo non è di aiuto, in quanto le parti in legno non si sono conservate e il numero di edifici conservati in alzato che presentano ancora la nicchia per l'alloggio della testa del *prelum* sono troppo pochi per poter fare confronti.



Figura 2.33: Mosaici di Tabarka con rappresentazione di coltura mista vigna/olivo

Basandoci unicamente sulla realtà geografica attuale in cui queste strutture sono inserite, verrebbe da attribuirle unicamente alla produzione dell'olio. Tuttavia esistono delle documentazioni musive in cui si vede una coltura mista di ulivi e viti, come nei mosaici di Utica e Tabarka²⁶⁷ (fig. 2.33).

Altre fonti raccolte da Brun²⁶⁸ ci parlano della coltivazione della vite in Africa. Dalle fonti epigrafiche si ha testimonianza di una vendita di un vitigno situato a un centinaio di chilometri a sud di *Theveste*, questo ci indica non solo che la viticoltura era praticata, ma che lo era sia sulle coste che nell'entroterra²⁶⁹. Si sa inoltre che certe ammende erano pagate con anfore di vino²⁷⁰, a *Thagaste* il padre di S. Agostino possedeva delle vigne²⁷¹ e a *Madauros*²⁷² *Liber Pater* porta l'epiteto di *Lenaeus* ossia dio del pillo (pigiatoio). La zona ricognita in Algeria è quindi attorniata da luoghi in cui è attestata con una certa sicurezza la coltura della vigna. Unendo tutte queste testimonianze archeologiche ai dati provenienti dall'analisi

²⁶³Leveau 2005, pp. 84-5.

²⁶⁴Pecci 2007; J.-P. Brun 1993, p. 516.

²⁶⁵J.-P. Brun 1993, pp. 514-5.

²⁶⁶Drachmann 1932, p. 50.

²⁶⁷Monteagudo 1998, p. 366.

²⁶⁸J.-P. Brun 2004a, pp. 200-2.

²⁶⁹J.-P. Brun 2004a, p. 201.

²⁷⁰C.I.L. VIII, 14683=I.L.S. II, 6824.

²⁷¹S. Agostino, *conf.*, 2, 4, 9.

²⁷²C.I.L. VIII, 4681; I.L.A. 220.

climatica e alla constatazione che il suolo delle zone indagate è prevalentemente argilloso, terreno tra i più adatti all'aridocoltura, si può sostenere che almeno la zona indagata in Algeria, potesse essere coltivata anche a vite e non solo ad ulivi.

Per quanto riguarda il *Thugga Survey* e la possibilità di coltivazione della vigna è stato notato²⁷³ che nelle iscrizioni di *Lella Drebbia* e nel testo conservato dell'iscrizione di *Aïn Ouassel* la viticoltura non viene menzionata, probabilmente in quanto il microclima della zona non si presta all'uva. Nelle altre "grandi iscrizioni" invece la vigna è sempre menzionata a fianco dell'oliveto²⁷⁴. Anche nell'iscrizione di Aïn Djemala, sempre all'interno dell'area indagata, si fa riferimento esplicito alla coltivazione della vigna.

Passando all'analisi dei resti archeologici, Brun²⁷⁵ sostiene che nella maggioranza dei casi le *arae* tagliate nella roccia o costruite con pavimentazione in muratura o in legno sono da riferirsi al vino, al contrario delle presse per olio che utilizzano basi costruite in una singola pietra. Questo è dovuto a due ragioni: il fatto che le presse a olio dovevano sviluppare forze superiori di quelle per vino e in secondo luogo perché le quantità di liquido erano maggiori che in quelle da olio e quindi c'era bisogno di *arae*, o in questo caso è possibile parlare di *calcatoria*, più vaste e più a tenuta stagna, ma non è un criterio assoluto. Ciononostante il tipo di *ara* individuato in entrambi i *surveys* è, eccezion fatta per le presse rupestri che saranno trattate in seguito, su singola pietra e dunque più adatto all'olio.

La presenza di macine generalmente indica la produzione dell'olio, tuttavia bisogna tener presente che le macine sono di difficile reperimento in quanto spesso si interrano o vengono riutilizzate, e che le olive si possono macinare anche con altri strumenti, il che rende la macina non sempre indispensabile²⁷⁶. Nel *Thugga Survey*, come detto, la tipologia classica della mola olearia non è attestata e per la molitura si utilizzavano probabilmente altri strumenti come i catilli. Nel *PNEK Survey* al contrario la presenza di macine è molto frequente, se ne contano 99, su un numero minimo di torchi attestato di 264. Un tasso di ritrovamento del 37.5% è molto più alto di quanto si trova generalmente in Nord Africa²⁷⁷. Se, come a *Madauros* negli oleifici ben conservati, una macina può servire due presse e tenendo conto della possibilità che alcune delle prime non si siano conservate, si può ritenere che in questa regione la grande maggioranza delle presse servisse per la produzione di olio.

La presenza di vasche di capienza piuttosto scarsa sembra favorire l'ipotesi dell'olio accettando il fatto che vasche di piccole dimensioni sono generalmente attribuibili a questo tipo di produzione, mentre quelle più grandi possono servire sia in un caso che nell'altro²⁷⁸. Nel *Thugga Survey* le vasche in muratura sono generalmente di grandi dimensioni mentre quelle monolitiche sono molto più piccole. Queste ultime sicuramente non potevano essere utilizzate per la fermentazione come invece avveniva in Egitto, in Palestina²⁷⁹ e talvolta in altre regioni del Nord Africa²⁸⁰. Ciò però non esclude ovviamente che esse venissero svuotate regolarmente e il mosto trasportato nel luogo dove sarebbe avvenuta la vinificazione. Fatto che è testimoniato in moltissimi siti dove vi è una zona di pigiatura anche piuttosto vasta ed una zona di raccolta in confronto decisamente misera come, ad esempio nell'Acropoli

²⁷³De Vos 2000, p. 23.

²⁷⁴J.-P. Brun 2004a, p. 201.

²⁷⁵J.-P. Brun 1993, p. 525.

²⁷⁶J.-P. Brun 1993, p. 519.

²⁷⁷J.-P. Brun 1993, p. 518 riporta una percentuale del 14% per *Kasserine*, del 9% a *Oued Htab* e del 5% a Cesarea.

²⁷⁸J.-P. Brun 2004b, p. 22.

²⁷⁹Frankel 1999, p. 59.

²⁸⁰J.-P. Brun 2004b, p. 25.

di Atene²⁸¹ e in Portogallo²⁸². Un'immagine dall'Egitto (fig. 2.34b) chiarisce come poteva essere utilizzata per il vino anche una piccola vasca di raccolta. Si nota come la vasca sia piuttosto piccola in proporzione all'area di pigiatura, il mosto è quindi raccolto mano a mano che viene pigiato in dei contenitori.

Anche l'olio poteva essere raccolto in contenitori posizionati nella vasca, (che quindi in questi casi non funzionava realmente come "vasca" ma più che altro come spazio per permettere l'alloggiamento questo contenitore), come testimoniato da Plinio, Catone e Columella, che erano poi sollevati e sostituiti con altri. In questo caso le "vaschette di decantazione" avrebbero avuto quindi, l'unico scopo di aiutare a svuotare la vasca dall'olio che non finiva nel contenitore o per la pulizia della stessa. L'uso di questi contenitori avrebbe permesso inoltre l'utilizzo di una sola pressa per fare tutte e tre le spremiture dell'olio in quanto non si sarebbe dovuto svuotare ogni volta la vasca. Inoltre le "vaschette di decantazione" di cui si trovano molti riscontri: a Delo²⁸³, in alcune località egiziane²⁸⁴, in Gallia²⁸⁵ e in Italia²⁸⁶, sono state individuate in strutture identificate sia per il vino che per l'olio. Non costituiscono quindi una discriminante per quanto riguarda l'utilizzo.

Frankel²⁸⁷ ritiene che la differenza nell'utilizzo di installazioni dove veniva svolta una prima fermentazione e quelle in cui questo non avveniva (il mosto veniva quindi raccolto via via), sta nel pericolo che piovesse durante lo svolgimento delle operazioni e che quindi si rovinasse il prodotto. Mette quindi in relazione questa attività alla quantità di pioggia che cade nelle varie zone.

Secondo Brun²⁸⁸ per la produzione dell'olio servono più presse che lavoro in contemporanea. Questo si intuisce osservando i moderni oleifici e quindi in un contesto di produzione specializzata. Le presse da vino invece potevano funzionare anche da sole, non essendoci il problema di non mescolare la prima, la seconda e la terza spremitura. Plinio²⁸⁹ sostiene che è comunque consigliabile utilizzarne due. Individuare presse isolate, tuttavia non indica con sicurezza la produzione vinaria, anzi come si è visto la norma, nei territori indagati, è quella di una produzione frammentata e non accentrata in grandi complessi.

2.7.1 Le presse rupestri

Come si è visto le presse rupestri sono generalmente collegate alla produzione di vino. Tra quelle rinvenute nella ricognizione in Algeria, è però necessario effettuare alcune precisazioni.

La base di spremitura spesso è realizzata all'interno in una piccola vasca, la cui realizzazione è costata un certo lavoro, il che fa supporre che dovesse avere uno scopo non puramente estetico. Dalle testimonianze delle presse da olio tradizionali, queste non richiedevano tale elemento associato alla base di spremitura, sembra quindi ovvio attribuirle alla produzione di vino, per la quale invece sono indispensabili, e di interpretarle dunque come pigiatoi. Inoltre in moltissime delle *arae* di queste strutture non si trovano le scanalature. Sempre

²⁸¹J.-P. Brun 2004b, p. 97.

²⁸²J.-P. Brun 2004a, p. 273.

²⁸³Bruneau e Fraisse 1981, pp. 127-53.

²⁸⁴J.-P. Brun 2004a, pp. 154-7.

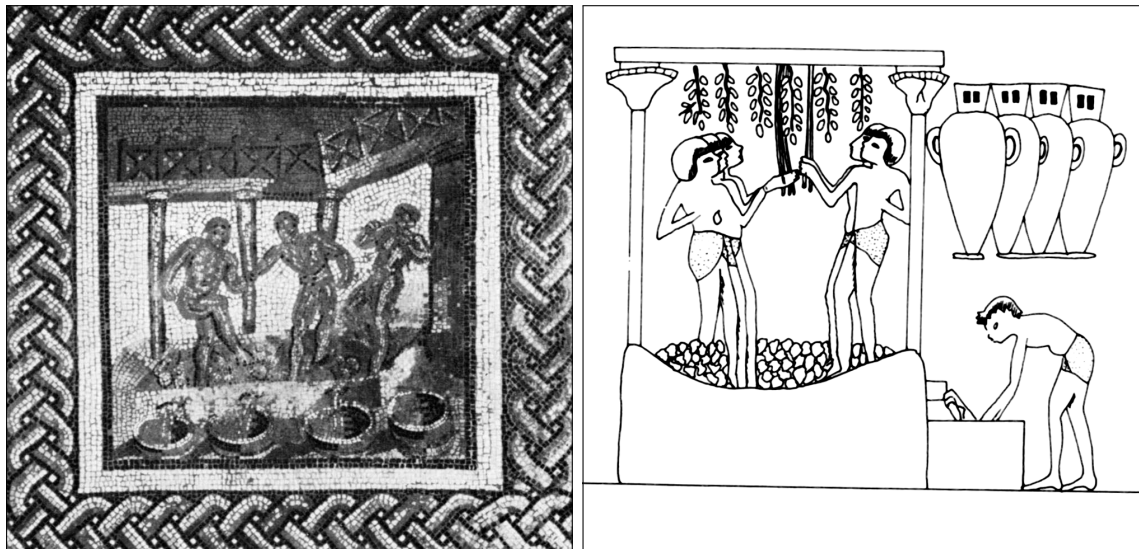
²⁸⁵J.-P. Brun 2005.

²⁸⁶Gervasini 1998.

²⁸⁷Frankel 1999, p. 59.

²⁸⁸J.-P. Brun 1986, pp. 43-53.

²⁸⁹Plinio, *nat.* 15, 315-7.



(a) Mosaico da Saint-Romain-en-Gal. Inizi III secolo (da Bruneau e Fraisse 1981, Fig. 5, p. 131) (b) Dipinto della tomba di Nakht, Thebe (Nuovo Regno) (da Frankel 1999, Fig. 1, p. 58)

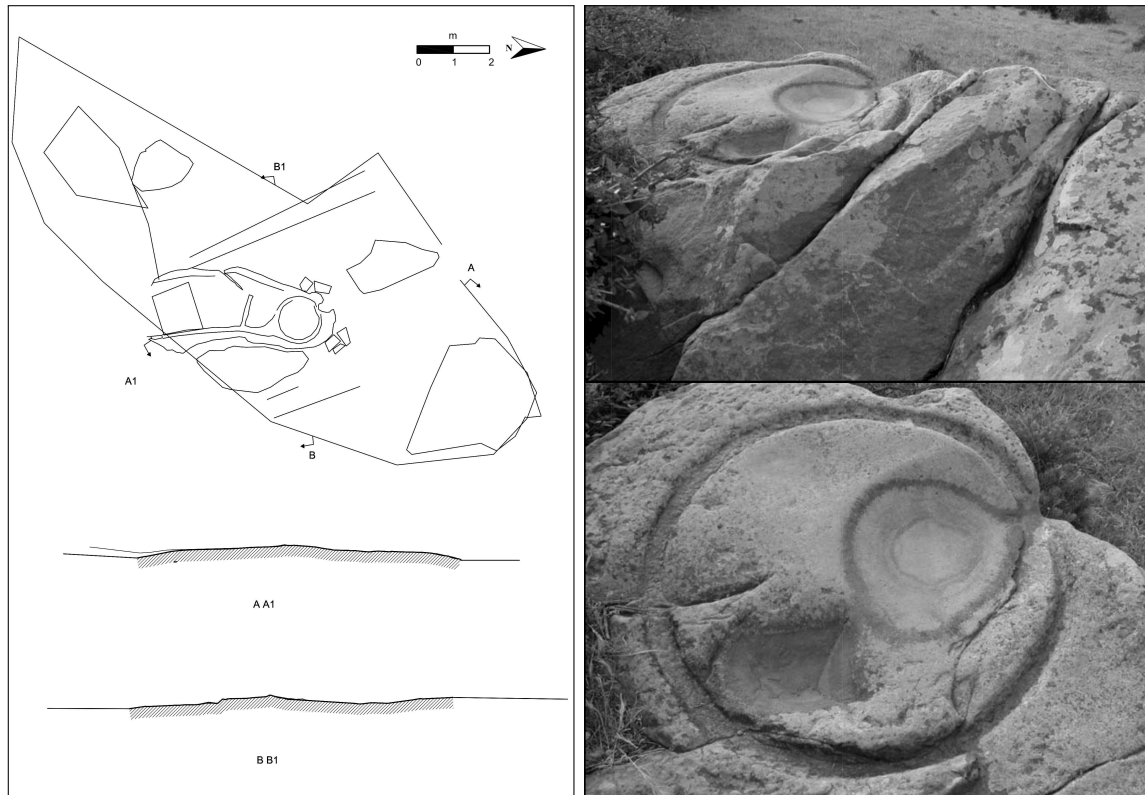
Figura 2.34: La pigiatura e la raccolta del mosto

prendendo in considerazione l'ipotesi che queste possano non essersi conservate, ma essere state cancellate dall'erosione, si trovano solo in sei casi.

La capienza media delle vasche si aggira intorno ai 6 hl, per quelle di cui è stato possibile calcolarla con una certa sicurezza, quelle cioè non interrato e con le pareti ben conservate. Vi sono tre casi in cui non sono presenti vasche scavate nella stessa roccia e quindi queste non hanno, in definitiva, molte differenze rispetto a quelle "standard". In due casi invece, la vasca è di dimensioni estremamente ridotte. Si può escludere l'ipotesi di vinificazione direttamente nella vasca a causa della scarsa capienza delle stesse. In assenza di scavi non si può però ancora escludere che fossero presenti cantine con *dolia* per la vinificazione, e del resto non sono state ritrovate nemmeno quelle per l'olio.

L'allungamento della base nella sua parte terminale per consentire il deflusso del liquido nel contenitore inferiore, che è presente nella maggioranza delle presse in Algeria, risulterebbe essere più utile per l'olio che per il vino. Questo era però utilizzato sicuramente anche da strutture da vino come si vede in molti mosaici (fig. 2.34) e non costituisce dunque una discriminante.

Per quanto riguarda le macine, è necessario, fare una distinzione netta tra le strutture che si trovano nelle vicinanze o all'interno di siti più ampi con resti di edifici in *opus africanum* e quelle che si trovano isolate nella campagna. In cinque casi sono state trovate macine nelle vicinanze, in tutti e cinque i casi si tratta di siti più estesi con testimonianze di edifici e di altre presse, inoltre solo in due casi le macine sono relativamente vicine, negli altri due casi sono ad un centinaio di metri. In un caso la macina è *in situ*, associata alla base, si può quindi ritenere con una relativa certezza che questa fosse destinata all'olio. Nei siti isolati non sono state invece ritrovate macine. La loro assenza farebbe propendere per la produzione di vino, ma è difficile dire se l'assenza è data da un mancato ritrovamento o dall'effettivo non utilizzo.



(a) Rilievo di OH017

(b) OJ031 (foto M. de Vos)

Figura 2.35: Due presse rupestri nella regione del *PNEK Survey*

Si è visto come nelle zone indagate fosse possibile la coltivazione della vite. L'analisi separata delle varie parti e i confronti con altre strutture simili da altre località non può dare risultati certi ma offre comunque degli spunti. In base a questi si può ritenere che le presse più frequentemente ritrovate, sembrano essere destinate soprattutto alla pressatura delle olive. Questo è abbastanza sicuro in Algeria a causa dell'elevato numero di macine ed è fortemente ipotizzabile per la Tunisia, soprattutto per la tipologia di *ara* e per l'assenza dei *calcatoria*.

Le presse rupestri invece, in alcuni casi, possono essere avvicinate con maggiore probabilità alla produzione di vino. Ciò spiegherebbe la loro presenza anche in luoghi apparentemente isolati, dove l'uva era spremuta direttamente sul posto senza dover essere trasportata. Cosa che per le olive non poteva avvenire in quanto dovevano essere prima frante.

Questa tipologia di pressa però è attestata con pochi esemplari (3) nella regione del *PNEK Survey*, che sarà la zona su cui si concentreranno le analisi. In particolare due di



Figura 2.36: CS007 (foto M. de Vos)

queste tre installazioni produttive, per le loro caratteristiche, sono interpretabili come più probabilmente destinate alla produzione olearia a causa dell'assenza sia di vasche che di un *calcatorium* (fig. 2.35), la terza invece (fig. 2.36) presenta due vasche e un piano di spremitura superiore. Lo scarso stato di conservazione di quest'ultimo però non permette una sicura identificazione come *calcatorium* anche se l'assenza dell'incastro sembra in favore di questa ipotesi.

La possibilità di interpretare le presse come legate alla produzione di olio è importante non solo dal punto di vista storico-economico ma in questo lavoro anche dal punto di vista statistico. Si vedrà più avanti infatti che la definizione di una tipologia coerente è un fattore essenziale per poter ottenere risultati validi dalle analisi statistiche. Il tipo di produzione che si svolgeva in questi siti doveva influire direttamente sulle loro modalità di sfruttamento del territorio circostante. Poter dunque trattare siti che con ogni probabilità dovevano lavorare lo stesso tipo di prodotto è dunque indispensabile. Questa è stata d'altra parte anche una delle motivazioni che ha portato a ridurre l'estensione dell'area analizzata della ricognizione in Algeria in modo da poter analizzare regioni in cui la produzione è con più probabilità destinata all'olio.

Parte II

Statistica applicata agli insediamenti rurali

3

PRESENTAZIONE DEI DATI E PREMESSE METODOLOGICHE

3.1 La definizione dell'area di interesse

In ogni progetto di ricognizione e in particolar modo in una ricerca basata sul GIS la definizione dell'area oggetto di studio è di vitale importanza e costituisce, come suggerito da Wheatley, “*the universe of discourse*”¹.

Il *survey* in Tunisia a causa anche della sua lunga durata (1994-2014) è caratterizzato da una diversa intensità di ricognizione a seconda delle zone, questo per due motivi:

- La scelta di coprire alcune aree solo con *survey* estensivo mentre altre, in particolar modo la zona nelle vicinanze di *Thugga*, con uno intensivo
- Il variare degli obiettivi della ricerca, infatti a partire dal 2012 l'obiettivo delle missioni svolte è stato quello di completare la documentazione dei siti antichi presenti nel foglio 33 dell'*Atlas archéologique de la Tunisie*, con un'estensione pari a 640 km².

Se quindi fin dall'inizio si è scelto di indagare la zona a due livelli di intensità, a partire dal 2012 in sole tre missioni sono stati coperti i circa 250 km² mancanti. Queste zone sono state dunque, in generale, ricognite meno intensivamente rispetto ad altre. A causa di ciò è stato quindi necessario definire con molta cautela i limiti del territorio che sarà preso in esame, con il fine di evitare che i dati provenienti da zone meno ricognite, che conseguentemente presentano una densità inferiore di siti, possano andare ad influenzare i risultati complessivi delle analisi.

Vi sono comunque da fare delle precisazioni, i siti con pressa ricadono, quasi nella totalità dei casi, in una tipologia che può essere definita “particolare”², siti cioè il cui stato di conservazione è tale da facilitarne molto l'individuazione e avere conseguentemente un tasso di rinvenimento molto alto. Su 84 siti scarsamente conservati solo 3 hanno almeno un elemento di torchio. Ciò è dovuto al fatto che la conservazione degli elementi in pietra della pressa coincide con la conservazione stessa del sito, se il sito è completamente o quasi invisibile anche gli elementi di pressa lo saranno.

¹Wheatley 1993, p. 136.

²Cambi e Terrenato 1994, pp. 125-6.

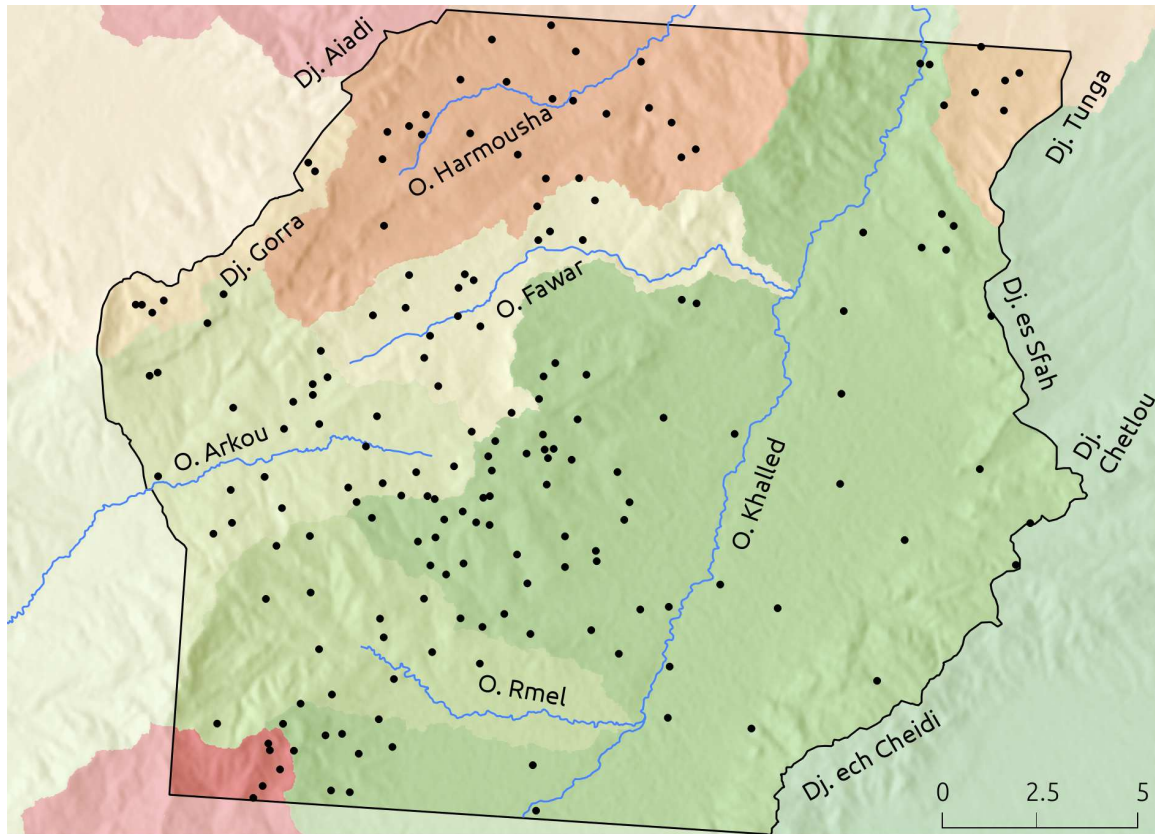


Figura 3.1: Bacini idrografici e area di interesse (*Thugga Survey*)

Sono stati inseriti nella zona oggetto di studio anche alcuni tratti di territorio investigati a partire dal 2012, se queste rispondevano a due requisiti:

- Essere state ricognite con sufficiente intensità
- Essere unità geografiche in qualche maniera distinguibili

Si è dunque giunti alla definizione di un'area (fig. 3.1) di 386 km^2 di cui i confini sono a nord e a sud il limite della carta AAT33, ad est invece la cresta del *Djebel ech Cheidi* sul quale passava anche la *fossa regia* che si segue fino all'inizio di *Djebel Chetlou* per poi proseguire su *Djebel Sfah* e seguire la cresta di questa catena fino a *Djebel Tonga*. Sul lato ovest invece il limite del territorio considerato è il limite della carta fino all'inizio della valle dell'*oued Arkou* che viene compresa per la parte ricognita già a partire dagli anni novanta, comprende poi interamente il *Djebel Gorraa* e infine segue il *Djebel el Aiadi* fino al limite nord della carta. La nostra area di interesse viene quindi a coincidere per quanto possibile ai bacini idrografi³ di cinque corsi d'acqua, *oued Rmel*, *oued Khalled*, *oued Fawar*, *oued Arkou* e *oued Harmousha*.

Nella maggior parte delle analisi che saranno effettuate nel capitolo successivo, questa sarà l'area che verrà utilizzata come limite per quanto riguarda il *Thugga Survey*, un'area che risponde agli stessi requisiti, che sarà presentata più avanti, è stata definita anche per il Parco nazionale di *El Kala* in Algeria.

³Individuati tramite il comando di GRASS `r.watershed`.

3.2 Analisi dei dati di partenza

Il primo passo da effettuare è quello di comprendere i dati che sono alla base di questo studio, solo in seguito ad una loro preventiva valutazione infatti si può decidere quali siano le analisi che possono portare a risultati validi e dunque definire gli obiettivi stessi della ricerca.

3.2.1 Tipologia dei siti

Il concetto di sito archeologico è una questione complessa e molte sono le definizioni possibili, una delle quali è quella di “area scelta e utilizzata dall’uomo per svolgerci una o più attività”⁴. Questa definizione si adatta perfettamente alla tipologia di siti che si intende analizzare e che sarà l’oggetto di questo studio, le **fattorie dotate di pressa**. Un luogo dunque scelto per costruire delle strutture (presse) destinata ad un’attività specifica. Questa netta restrizione del campo di azione è stata decisa in seguito a molte riflessioni di carattere metodologico.

La prima e più importante delle considerazioni effettuate riguarda appunto l’attività che si svolgeva nel sito. Infatti di questa tipologia si conosce con certezza almeno una delle sue funzioni e di conseguenza, a livello più ampio, si può essere certi della sua vocazione produttiva. Potendo inoltre identificare almeno uno dei prodotti finiti si possono studiarne meglio le relazioni con il territorio circostante. Questi siti possono inoltre essere attribuiti a un determinato periodo storico, benché in verità non sempre con la precisione che si potrebbe desiderare, l’aspetto cronologico sarà tuttavia trattato in maggiore dettaglio nella sezione seguente. Al contrario, siti i cui resti sono limitati a pochi ortostati o solo a frammenti ceramici sono di difficile interpretazione⁵. La tipologia di siti che meglio si adatta ad essere analizzata è dunque quella degli oleifici⁶ anche perché, contrariamente a quanto avviene molto spesso nelle ricognizioni, è possibile identificarla archeologicamente molto semplicemente e in maniera sicura.

La definizione di una tipologia di siti da analizzare che possa essere ritenuta valida è il miglior modo per aumentare l’attendibilità dei risultati di qualsiasi tipo di analisi⁷. Si può in questo modo eliminare almeno un possibile fattore di errore (*bias*). La scelta della tipologia può dunque influenzare in maniera concreta i risultati delle analisi. Raggruppare siti appartenenti a tipologie diverse e quindi con diverse necessità nell’utilizzo delle risorse, può portare ad una non significatività dei risultati⁸ o in casi peggiori a risultati errati.

Dal momento che si intende studiare il rapporto che legava la produzione di olio alla scelta locazionale è sembrato necessario eliminare dalla selezione dei siti quelli che sicuramente non avevano come unica, o quantomeno principale, attività la produzione olearia, per questo sono state escluse le città⁹ e gli agglomerati i quali erano sicuramente condizionati da necessità differenti e nei quali la presenza di presse, tuttavia molto frequente, è da considerarsi un’attività di importanza secondaria.

I siti presi in considerazione sono dunque 176.

⁴Butzer 1982, p. 282.

⁵Benché nell’archeologia dei paesaggi generalmente si tenda ad identificare come fattoria gli insediamenti umani in campagna anche senza prove evidenti di attività produttive.

⁶Si parla di oleifici dal momento che benché non possa esserci la certezza che le presse non fossero destinate almeno in parte anche alla produzione di vino la vigna è al momento difficilmente coltivabile in questo territorio (de Vos 2007a, pp. 45-7).

⁷Kvamme 2006, p. 15.

⁸Stancic e Veljanovski 2000, pp. 153-4; C. D. Dore e Wandsnider 2006, p. 69.

⁹La coltivazione direttamente dalla città (di 3-5000 persone) ha il limite teorico, per limitazioni pratiche, di 6 km (Engels 1990), una città più importante, potrà però avere un bacino maggiore (M. Millet 1991, p. 172).

3.2.2 Cronologia

L'aspetto cronologico è quello che più di tutti ha influenzato l'impostazione di questo lavoro. Ciò è dovuto ai dati disponibili, ricavati dalle campagne di *surveys* effettuate in Tunisia e Algeria; infatti nel primo caso i dati provenienti dalla ceramica possono fornire una datazione delle fasi di frequentazione, al contrario in Algeria, fatta eccezione per la zona di *Madauros*, la ceramica ritrovata durante il lavoro sul campo è insufficiente per fornire una datazione attendibile.

Partendo da questa valutazione si ritiene necessario specificare quali siano state le considerazioni effettuate nelle fasi di impostazione del lavoro. In primo luogo il fatto che non sia possibile datare con certezza la costruzione, le fasi di utilizzo e di abbandono di un sito solamente in base alla ricognizione di superficie¹⁰. Infatti la ceramica, quando presente, può certo dare importanti indicazioni ma è evidente, soprattutto nel caso della maggior parte dei siti considerati non rimescolati dall'aratura meccanica, che le ultime fasi abitative siano quelle maggiormente rappresentate a discapito di quelle più antiche. Se per la stessa frequentazione di un sito è da considerarsi valida questa considerazione essa lo è ancora di più per quanto riguarda gli oleifici. Infatti è impossibile sapere con certezza anche all'interno delle fasi di vita del sito se una pressa fosse già stata costruita oppure già andata in disuso¹¹. Un numero tutto sommato alto, soprattutto in Algeria, di presse ancora *in situ* fa ritenere che nell'ultima fase storica presa in considerazione, ossia il periodo bizantino, queste presse fossero ancora funzionanti. Lo stesso scavo di *Aïn Ouassel* ha riguardato una fattoria in funzione fino alla fine del VII inizio dell'VIII secolo¹².

	Romano 1	Romano 2	Vandalo	Bizantino
Agglomerato	12	13	12	13
Città	2	2	2	2
Concentrazione Pietre	2	2	2	2
Fattoria	63	73	68	83
Fortificazione	1	1	1	1
Villa	1	2	3	3
Totale	81	93	88	104

Tabella 3.1: Variazione cronologica dei siti (*Thugga Survey*)

Si è deciso quindi, data questa limitazione nella possibilità di cogliere i mutamenti di breve durata, di considerare piuttosto le modalità di sfruttamento del territorio in un *range* cronologico più ampio, che va dall'epoca romana a quella bizantina, in un'ottica di lunga durata. Va considerato inoltre che in questo periodo non vi sono stati, o quantomeno non sono stati identificati archeologicamente, miglioramenti tecnologici di un livello tale da permettere un cambiamento nella capacità di sfruttamento del territorio, fatto che potrebbe portare a differenti modalità di insediamento¹³.

In tabella 3.1 sono riportate le fasi di occupazione dei siti che presentano presse¹⁴, come si nota non si verificano nette cesure nel numero di insediamenti occupati.

¹⁰Polla 2005, p. 76.

¹¹Questa situazione riguarda peraltro tutta l'*Africa Proconsularis* dove si sono svolte numerose ricognizioni ma gli edifici rurali oggetto di scavo sono solo pochi casi Marzano 2013b, p. 110.

¹²Maurina 2005, p. 93.

¹³Kvamme 2006, p. 12.

¹⁴Questi dati, usati anche nelle figure 3.2 e 3.3, provengono da de Vos e Attoui 2013 e non includono i siti individuati nelle ultime tre campagne. Carte di fase indicanti i singoli siti sono presenti in de Vos 2013, pp. 164-7.

La leggera flessione di età vandala lascia comunque il numero di siti maggiore di quello della prima età imperiale (Romano 1).

Verificata che non esiste una netta cesura nel numero di siti con pressa nelle fasi cronologiche prese in considerazione, un altro elemento, sempre legato alla cronologia, che potrebbe influenzare le analisi sarebbe uno spostamento sostanziale dei siti produttivi da una zona all'altra. Se questo si verificasse imporrebbe una riflessione sulle motivazioni di questo spostamento, se legato a fattori esterni, come ad esempio la sicurezza, oppure ad un cambiamento dei modi e dunque dei luoghi della produzione.

Per cercare di cogliere se l'intensità dell'insediamento subisca variazioni differenti a seconda delle zone geografiche si propongono le figure 3.2 e 3.3. Nella prima sono riportate, sia per tutti i siti datati che solo per gli oleifici, il numero di attestazioni registrate all'interno di quadrati di 1 km di lato. Nella seconda invece sono riportate le variazioni di questa densità rispetto al periodo precedente. Anche in questo caso non si notano zone in cui si verificano cambiamenti di particolare intensità nella struttura insediativa. Le uniche tendenze che si possono intravedere sono, nel periodo vandalo, il verificarsi di una propensione ad allontanarsi dalle immediate vicinanze di *Thugga*, un abbandono della porzione di terreno compreso tra *oued Harmousha* e *oued Fawar* ed infine della piana destra della valle di *oued Khalled*. Nel periodo bizantino invece si verifica una generale rioccupazione delle zone prima abbandonate ad eccezione della sponda destra di *Khalled* all'altezza di *Thibursicum Bure*.

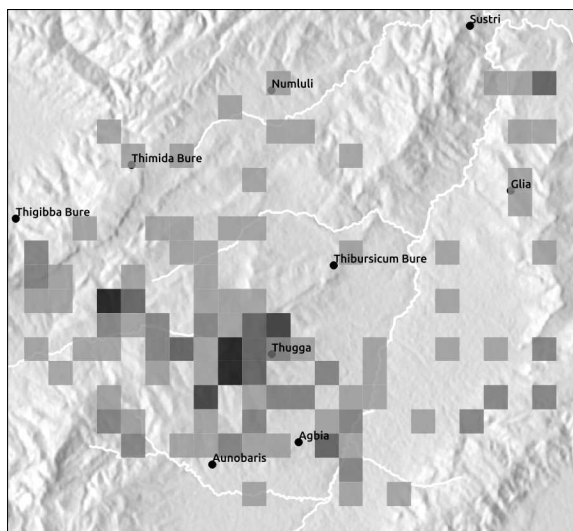
Non ci sono dunque chiari segnali di una modifica sostanziale nelle zone di insediamento a seconda delle fasi cronologiche, si è dunque ipotizzato che il fattore cronologico non influisca in modo sostanziale sulle scelte insediative e di poter procedere considerando contemporaneamente tutti i siti con pressa senza suddividere in fasi.

Considerazioni finali sull'aspetto cronologico

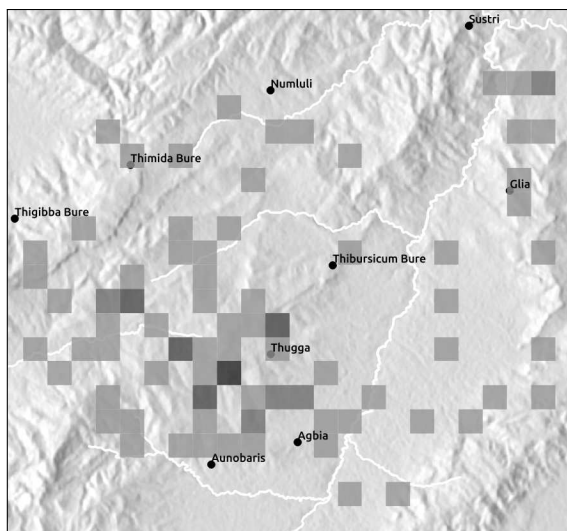
Prima di passare oltre, descrivendo altri aspetti che potrebbero influenzare i risultati delle analisi, ci si deve soffermare sull'analisi delle implicazioni che questa scelta avrà sull'interpretazione dei risultati dei capitoli seguenti. La necessità di un tale appiattimento dell'informazione legata alla cronologia è imposta anche dal fatto che se si decidesse di utilizzarla al completo, in alcuni casi si dimezzerebbe il numero di siti utilizzabile, con conseguente perdita di informazioni. Le analisi portate avanti in questa tesi avranno, come detto, però lo scopo di comprendere meglio il rapporto tra sito (e dunque uomo) e territorio ed in base ai dati disponibili non sembra che questo abbia subito variazioni sostanziali nel corso dei secoli studiati. È difficilmente ipotizzabile infatti che, ad esempio, dalla prima alla tarda età imperiale vi siano delle variazioni nel modo di rapportarsi a variabili ambientali come la pendenza o l'esposizione. Qualora queste fossero presenti nei dati divisi per cronologia, sarebbero probabilmente da imputare più ad una variazione casuale dovuta al ridotto numero di siti più che ad una reale variazione nelle scelte insediative.

L'unica indagine che potrebbe essere sensibilmente influenzata da ciò è la *nearest neighbour analysis* ma d'altra parte l'eliminazione di siti che non è stato possibile datare, che potevano però essere coevi a quelli analizzati, ne influenzerebbe i risultati in maniera altrettanto ragguardevole.

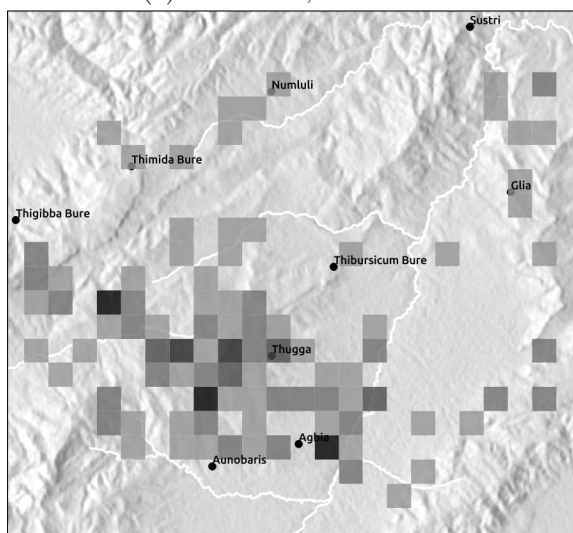
Altri aspetti, legati alle modalità di conservazione del paesaggio archeologico, possono invece avere un'influenza anche più intensa. In maniera particolare se i fattori di obliterazione dovessero avere luogo, per la maggior parte, in alcuni settori specifici del territorio indagato, potrebbero alterare sostanzialmente l'immagine che ci si presenta del paesaggio antico. È necessario dunque considerare questi fattori per valutare il loro possibile impatto sulla presente ricerca.



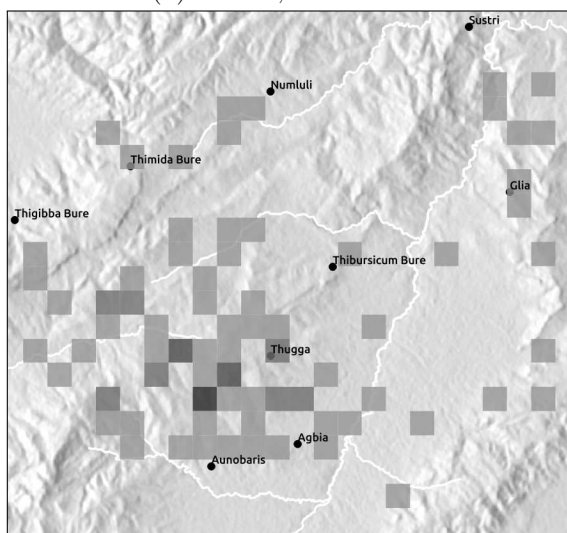
(a) Tutti i siti, Romano II



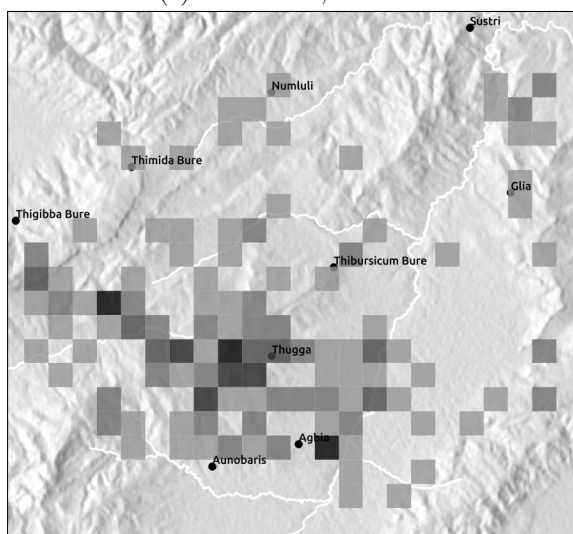
(b) Oleifici, Romano II



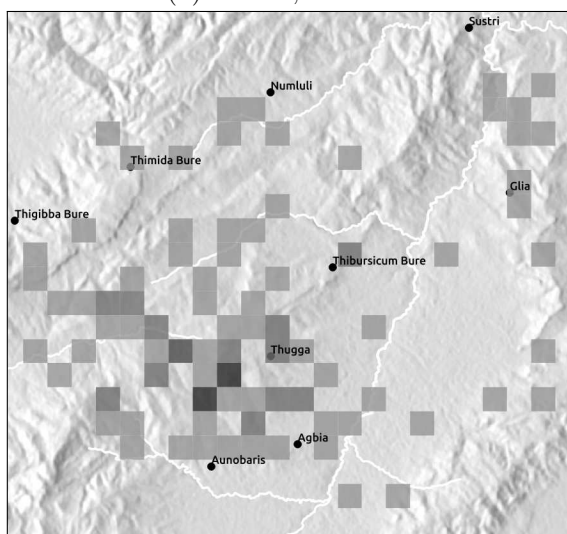
(c) Tutti i siti, Vandalo



(d) Oleifici, Vandalo

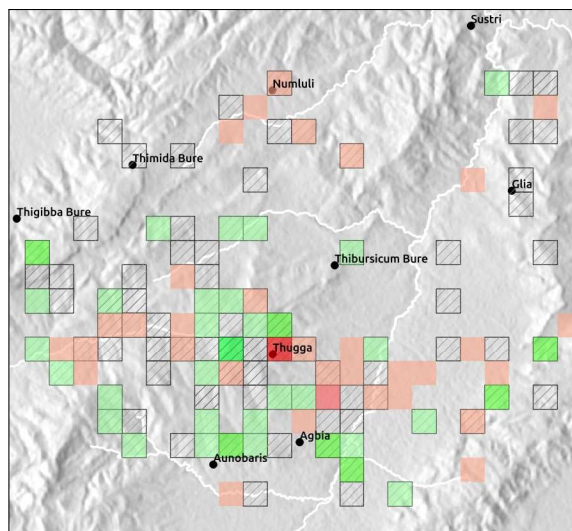


(e) Tutti i siti, Bizantino

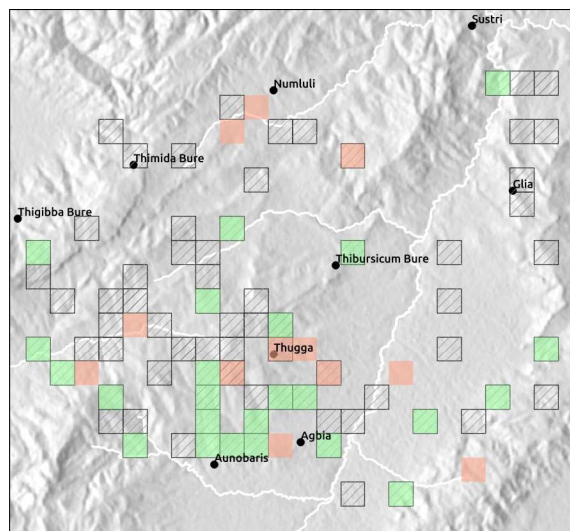


(f) Oleifici, Bizantino

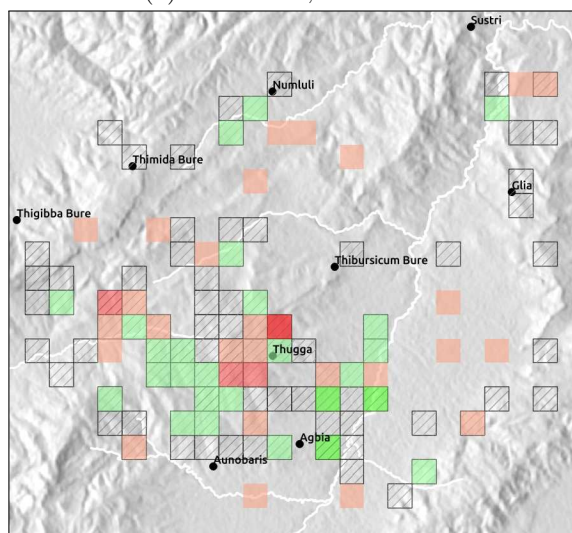
Figura 3.2: Densità di occupazione di tutti i siti datati (a-c-e) e degli oleifici datati (b-d-f) nelle ultime tre fasi. La densità viene espressa in scala di grigi da 1 sito (grigio chiaro) a più di 4 (nero), quadrati di 1 km per lato (*Thugga Survey*)



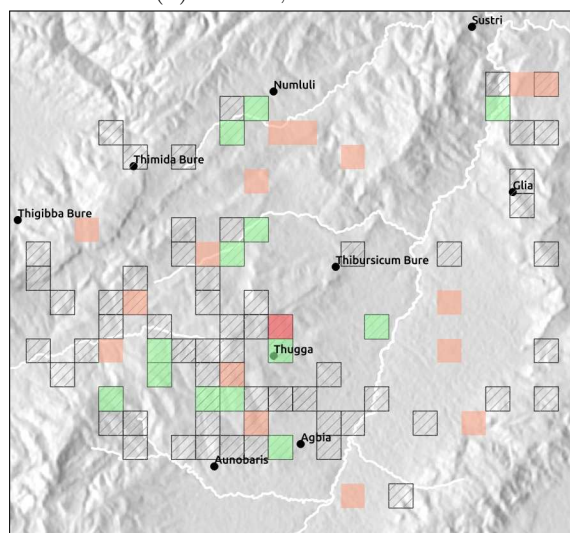
(a) Tutti i siti, Romano II



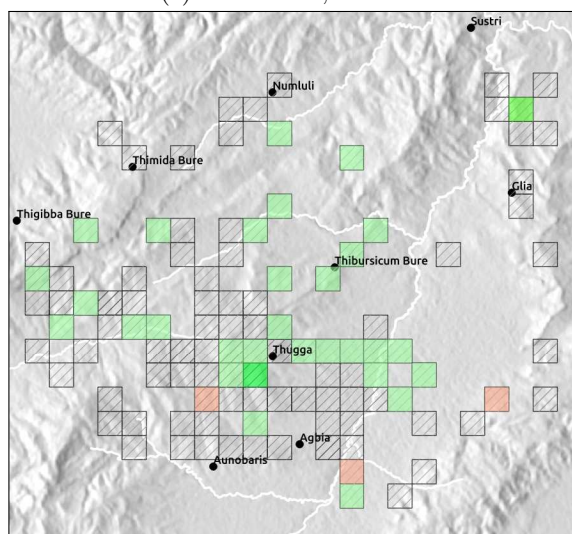
(b) Oleifici, Romano II



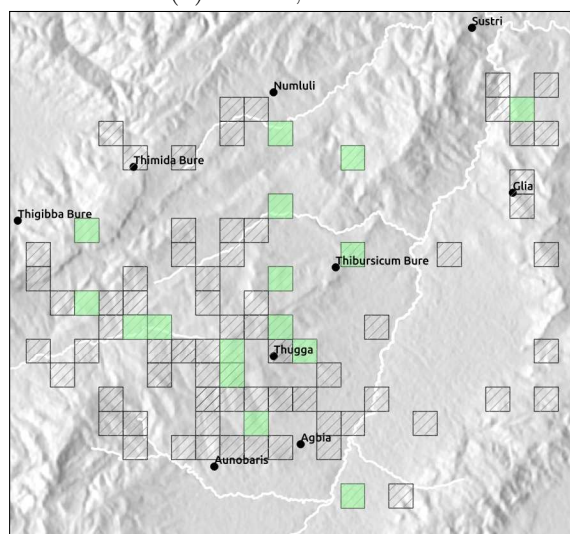
(c) Tutti i siti, Vandalo



(d) Oleifici, Vandalo



(e) Tutti i siti, Bizantino



(f) Oleifici, Bizantino

Figura 3.3: Variazioni di densità (rispetto al periodo precedente). In verde l'aumento del numero di siti, in rosso la diminuzione, la campitura a linee diagonali indica la presenza di siti, il rosso senza linee corrisponde dunque al totale abbandono del settore (*Thugga Survey*)

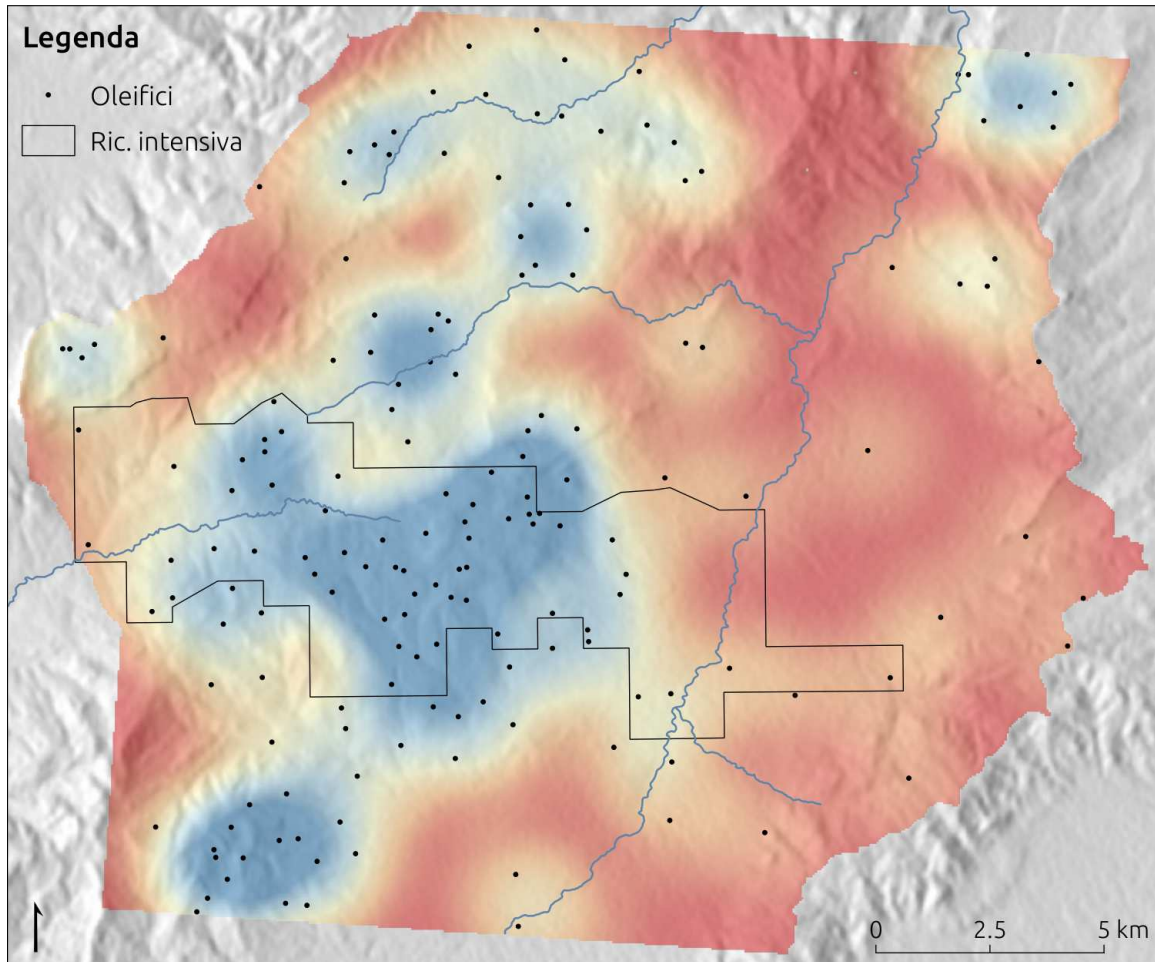


Figura 3.4: Heat map relativa ai siti con pressa (*Thugga Survey*)

3.2.3 Fattori post-deposizionali

Comprendere quale sia stato il ruolo dei fattori post-deposizionali nella conservazione del paesaggio archeologico è fondamentale per comprendere in primo luogo se vi sia la possibilità di effettuare delle analisi spaziali e in che modo si debbano interpretarne i risultati. È fondamentale infatti che essi siano rappresentativi delle scelte insediative antiche piuttosto che delle modalità di conservazione del paesaggio. Prima di poter interpretare la disposizione e quindi cercare di coglierne i *patterns* è necessario rispondere alla domanda posta da Witcher¹⁵ riguardo a come si debba interpretare l'assenza di un sito: *evidence of absence or absence of evidence?*

A livello macroscopico analizzando una carta di densità¹⁶ dei siti con pressa si possono individuare le zone a bassa densità di rinvenimento e cercarne di comprendere le cause. Si può immediatamente notare come la zona della piana dell'*oued Khalled* e le zone montagnose di *Fedj el Adoum*, *Kef el Adama*, *Djebel ech Cheidi* e parte del *Djebel Gorraa* siano quelle che si distaccano dalle altre per la loro bassa densità di ritrovamenti di siti appartenenti alla categoria considerata.

¹⁵Witcher 2011, p. 47.

¹⁶Questa e la successiva carta hanno unicamente lo scopo di rendere più facile comprendere il variare di densità dei siti a seconda delle zone. Le due carte sono calcolate con impostazioni differenti e non possono essere paragonate tra loro benché presentino gli stessi colori.

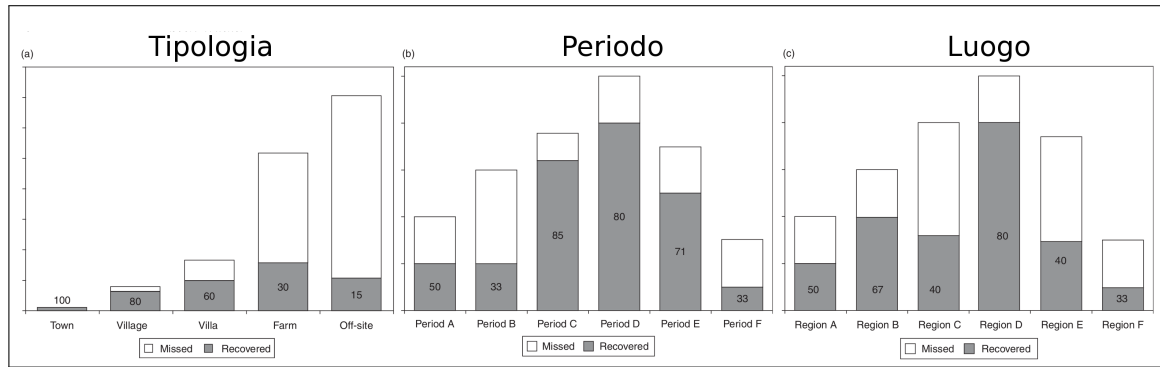


Figura 3.5: Ipotetiche percentuali di rinvenimento a seconda della tipologia di sito, del periodo o del luogo (da Witcher 2011, fig. 3.1)

Analizzando per prima la valle del *Khalled*, questa bassa densità può essere messa in relazione a diversi fattori:

- Maggiori possibilità di obliterazione dovuta all'interramento causato dalle piene dell'*oued*
- Maggiore uso attuale del suolo e quindi maggior possibilità di completa distruzione dei siti
- Effettiva minore presenza di oleifici nella piana per fattori direttamente legati alla tipologia dei siti e quindi reali differenze insediative

Per quanto riguarda la possibilità di un maggiore interrimento l'ipotesi non sembra particolarmente attendibile per diversi motivi. In primo luogo si deve considerare come il corso d'acqua abbia una portata molto limitata e benché le piene possano avvenire, il materiale trasportato non deve essere abbondante. Nella carta geologica infatti le zone riportate sotto la dicitura alluvioni sub-attuali dei *oueds* riguardano solo piccole fasce di terreno nelle immediate vicinanze del corso d'acqua. In secondo luogo il numero di siti che sono stati individuati nel corso del *survey*, ma che non rientra nella categoria di sito con pressa, è ancora piuttosto alto, soprattutto se si considera la zona della ricognizione intensiva. In figura 3.6 si può notare la piana dell'*oued Khalled* non sia caratterizzata da una densità di insediamento particolarmente differente rispetto ad altre zone più collinari ed anzi le zone più vicine all'*oued* e quelle alle pendici del *Djebel Cheidi*, che in generale dovrebbero essere quelle più soggette all'interramento, sono quelle in cui si riscontra la più alta densità. Queste osservazioni sembrano dunque diminuire la forza di quest'ipotesi.

La maggiore coltivabilità del suolo e il conseguente maggior sfruttamento dello stesso, soprattutto attraverso l'agricoltura meccanizzata, è invece contrastata dall'osservazione di come queste zone fossero fino agli inizi del secolo scorso ancora non sfruttate per l'agricoltura. Le carte francesi di inizi 900 e le descrizioni di Carton di fine 800 infatti descrivono la pianura del *Khalled* come una zona caratterizzata da una vegetazione prevalentemente boschiva/cespugliosa. Nei primi anni '20 Poinssot fa riferimento ai lavori di bonifica agraria, soprattutto di eliminazione di queste formazioni arbustive¹⁷. L'agricoltura basata sui cereali che attualmente la caratterizza e che la rende la zona meglio coltivabile, soprattutto per la presenza di acqua a piccole profondità sfruttabile per l'irrigazione attraverso l'uso di pozzi, è dunque un mutamento del paesaggio avvenuto in tempi relativamente recenti.

¹⁷Poinssot 1921, pp. 324-5.

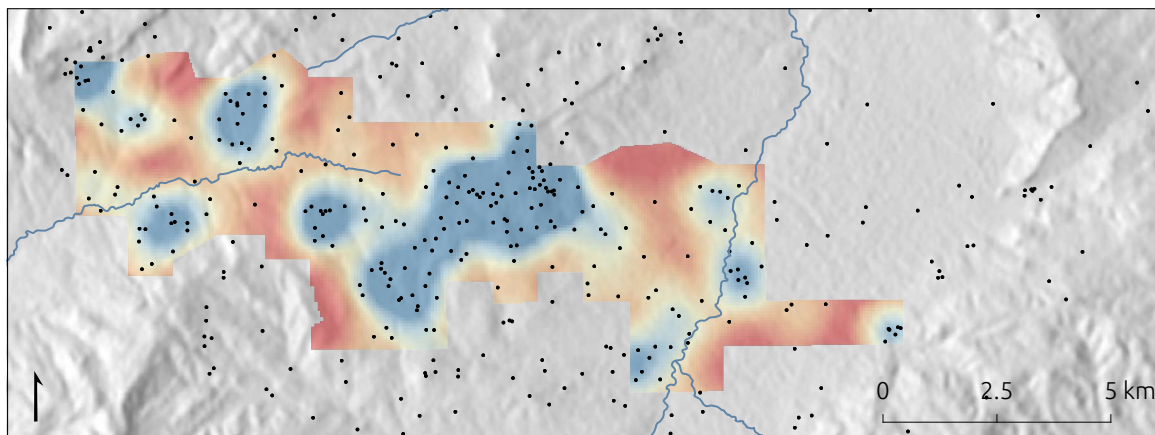


Figura 3.6: *Heat map* relativa a tutti i siti identificati nella ricognizione intensiva (*Thugga Survey*)

L'*Atlas archéologique de la Tunisie*¹⁸ ci informa inoltre che agli inizi del 900 i siti conosciuti in quella zona erano già molto meno numerosi rispetto ad altre. Naturalmente i compilatori di questa carta si concentravano sui siti meglio conservati, ma a grandi linee si può dire che le zone a più alta densità di oleifici¹⁹ risultanti dalla ricognizione del *Thugga survey* non divergono sensibilmente da quelle dell'*Atlas*. In particolar modo la maggior parte dei relativamente pochi oleifici presenti nella valle del *Khalled* è già presente nell'*Atlas*.

Il fatto che i siti rinvenuti fossero già poco numerosi agli inizi del 900 ci fa ritenere che questa situazione debba essere attribuita più alla disposizione originaria dei siti che a fattori post-deposizionali. Inoltre si deve considerare il fatto che i siti documentati nell'*Atlas* e non più rinvenuti siano molto pochi e che per lo più il mancato ritrovamento debba essere messo in relazione con una scarsa precisione nel posizionamento. Ciò sembrerebbe suggerire che durante il secolo scorso le modificazioni del paesaggio non siano state così forti da portare alla completa obliterazione di siti ben riconoscibili agli inizi dello stesso²⁰, anche se questa situazione è destinata a cambiare rapidamente a causa del sempre più intensivo sfruttamento del suolo e del fenomeno dilagante degli scavi clandestini.

Passando ora all'analisi delle zone montuose non si può in questo caso confrontare la densità dei siti con quella con i siti da ricognizione intensiva, dal momento che essa non è stata condotta in nessuna di queste zone. Queste zone, soprattutto quella di *Kef el Adama* e in parte *Djebel Cheidi*, sono state sottoposte ad un intensivo rimboscamento negli anni successivi all'indipendenza della Tunisia. Questo procedimento ha senza dubbio portato alla distruzione degli eventuali siti che ancora si conservavano²¹, resta tuttavia evidente come anche in questi casi il confronto con l'*Atlas archéologique de la Tunisie* limiti la forza di questa ipotesi. I siti riportati in queste zone sono infatti molto rari, si può ritenere dunque che non sia stato il rimboscamento la causa primaria di queste ampie zone con una bassissima densità ma che ciò sia piuttosto da addebitare ad altri fattori. Questi potrebbero essere sia la minore visibilità e di conseguenza la minore probabilità di individuare i siti, sia una reale scarsità di questi dovuta alle forti pendenze e alla conseguente difficoltà di insediamento che

¹⁸Babelon 1893.

¹⁹Che come detto appartengono ad una tipologia di siti particolare anch'essa ben riconoscibile.

²⁰Questa affermazione è valida solamente per alcune tipologie di siti, come si vedrà le strade al contrario hanno subito un destino molto diverso a causa sia della pratica del riutilizzo che per la maggior facilità di interro.

²¹Ciò è avvenuto per quanto riguarda ad esempio i numeri 55 e 65 dell'*Atlas* nella zona di Glia (non nelle zone qui considerate).

caratterizza queste zone.

Sembra dunque che in generale si possa accettare l'ipotesi che l'impatto dei fattori post-deposizionali non sia stato così intenso da variare significativamente la nostra percezione della disposizione dei siti nel territorio e di conseguenza i risultati delle analisi.

3.3 Obiettivi

3.3.1 Analisi locazionale

Uno degli obiettivi principali è il cercare di migliorare la comprensione delle modalità di sfruttamento del territorio. Identificare se vi siano dei *patterns* nella disposizione dei siti e, in caso positivo, comprendere come questi possano essere spiegati, cercando di individuare i fattori che sembrano influenzarli maggiormente. Ad esempio la pendenza e l'esposizione dei pendii dovrebbero essere variabili importanti, trovando riscontri anche nella manualistica antica come fattori rilevanti per la scelta del luogo di installazione di un sito rurale²². Va sottolineato che la loro identificazione di per sé non costituisce un traguardo, ma solo una tappa del processo d'indagine. L'analisi dei dati spaziali può permettere al ricercatore di identificare dei *patterns*, ma mai di interpretarli, né tanto meno di spiegarli. Questo spetta naturalmente alla sua capacità intuitiva e al *background* disciplinare²³.

3.3.2 Valutazione della capacità produttiva

Nella procedura d'analisi mirata alla stima della capacità produttiva, si partirà dal presupposto che la costruzione di una pressa sia stato un notevole investimento economico²⁴. Alla sua costruzione doveva corrispondere dunque un'elevata capacità produttiva agricola in modo che questa potesse essere utilizzata al massimo del suo potenziale²⁵. Si esclude dunque che questa funzionasse solo in vista dell'autoconsumo, la resa infatti sarebbe stata svantaggiosa in relazione all'investimento.

La capacità di una crescita economica comparabile a quella delle economie moderne è un tema storiografico molto dibattuto e non può essere trattato compiutamente in questa sede, è certo però che per quanto riguarda l'olivicoltura l'Impero romano mostra almeno due caratteristiche importanti: l'intervento legislativo in favore dell'agricoltura²⁶ e il notevole investimento di capitali nella costruzione sia di grandi oleifici specializzati che di più piccole fattorie con una o due presse²⁷. Inoltre la fioritura di economie, come ad esempio quelle delle steppe libiche, basate sull'olivicoltura durante il periodo romano fanno pensare Mattingly²⁸ ad un'economia di tipo "non minimalistico".

Partendo dal *raster* di potenzialità di coltivazione per l'olivo si analizzerà la disposizione degli oleifici in relazione con esso, in altre parole si cercherà di verificare se il terreno potenzialmente sfruttabile è adatto alla produzione di olio. Per fare questo si deve prima cercare di definire quale fosse la potenziale area di pertinenza di un sito, si utilizzerà dunque GRASS per generare un'area di *catchment* basata sulla *cost distance*²⁹. In questo modo si testerà anche il modello di *suitability* prodotto attraverso MCE (cfr. 3.5.1). Si confronteranno

²²Si vedano Catone, Varrone, Columella e Plinio il vecchio che devono molto all'enciclopedia agricola di 28 libri del cartaginese Magone (Martin 1971, pp. 37-52).

²³Macchi Jánica 2009, p. 248.

²⁴Lewit 2012, p. 149; Hitchner 2002, p. 76; Marzano 2013b, p. 108.

²⁵Mattingly e Hitchner 1993, p. 455.

²⁶Cfr. Hitchner 2002, p. 175; Leveau 1988; Hitchner 1989.

²⁷Hitchner 2002, p. 76.

²⁸Mattingly 1996a, p. 244.

²⁹Polla 2009, p. 268.

poi i risultati ottenuti con campioni casuali attraverso il metodo di Monte Carlo in modo da verificare statisticamente se esistesse una effettiva correlazione.

3.4 I modelli predittivi

La modellazione predittiva, utilizzata in molte discipline al di fuori dell'archeologia, ha generalmente l'obiettivo di creare una carta che indichi la probabilità che in un certo luogo si verifichi il fenomeno studiato, carta creata attraverso la valutazione di un certo numero di variabili considerate significative nell'influenzarlo.

Ci sono due differenti obiettivi per la creazione di questo tipo di carte in ambito archeologico, la prima è quella di predire la posizione dei siti archeologici nell'ambito della gestione dei beni archeologici con lo scopo di aiutare la scelta delle amministrazioni pubbliche nella progettazione urbanistica. Il secondo è quello di ottenere degli spunti interpretativi riguardo alle modalità di interazione con il paesaggio delle società antiche ed è quindi quello che caratterizza i progetti di ricerca accademici³⁰. L'obiettivo del presente lavoro è sicuramente più vicino a quest'ultimo. Dunque il fine per il quale saranno portate avanti queste analisi non sarà semplicemente la creazione della mappa di predittività in quanto tale, ma lo studio del potenziale che questa offre nell'individuazione dei principali fattori che influenzavano le scelte insediative nei periodi presi in considerazione. Infatti è normalmente riconosciuto come i modelli predittivi possano facilitare l'identificazione e la descrizione di eventuali *spatial patterns*³¹.

La teoria fondamentale alla base dei modelli predittivi è che se esistono delle tendenze o dei *patterns* tra la posizione dei siti e una o più variabili allora si può costruire un modello basato su queste³². Tutto il procedimento è dunque fondato sull'assunto che:

certain portions of the landscape were more attractive for human activity than others³³

Le risorse naturali offrono possibilità e pongono limitazioni, alle quali una società, antica o moderna, deve adattarsi attraverso i suoi sistemi di produzione e alle tecnologie. L'impatto delle risorse e dell'ambiente naturale non deve però essere inteso come deterministico ma come una parte di un sistema funzionale³⁴. Non si può ritenere infatti che gli unici fattori in gioco nel determinare *l'attrattività* di una parte del paesaggio siano quelli meramente fisici, ciononostante è evidente come il rischio principale sia quello di incorrere nel determinismo ambientale sopravvalutando l'importanza della geomorfologia e più in generale di tutti gli aspetti fisici del territorio e sottovalutando l'importanza dei condizionamenti culturali. Benché l'analisi delle variabili ambientali non porti per forza di cose al determinismo ambientale³⁵, la tendenza a sottovalutare le variabili culturali è, a parere di chi scrive, il più importante tra i fattori che minano le basi teoriche di questo sistema (le altre saranno approfondite nel paragrafo 3.4.3) e deve essere analizzato nel dettaglio.

Variabili culturali Sono molti gli autori che auspicano l'utilizzo anche dei condizionamenti culturali come variabili che possano essere utilizzate all'interno dei modelli predittivi³⁶. In

³⁰Kamermans 2006, p. 89.

³¹Casarotto *et al.* 2011, p. 1.

³²R. Brandt, Groenewoudt e Kvamme 1992, p. 269.

³³Verhagen 2007, p. 13.

³⁴Mørch 1994, p. 107.

³⁵Witcher e Keay 2010, p. 279.

³⁶Verhagen, Kamermans *et al.* 2010; Lock e Harris 2006; Diggs e Brunswig 2013; Peeters 2010; Kamermans 2010, solo per citarne alcuni ma tutti o quasi gli autori che si sono confrontati con questo tipo di analisi hanno dedicato una qualche attenzione a questo argomento.

genere però questa tipologia di variabile è vista come troppo astratta ed intangibile per essere utilizzata proficuamente. Infatti quello auspicato è un procedimento complesso che porterebbe a vincolare ad una carta geografica aspetti che difficilmente possono essere trattati in questo modo. Infatti benché a livello teorico sia possibile, ciò risulta nella pratica molto complessa per due motivi:

- difficoltà nel determinare quali fossero i condizionamenti culturali
- difficoltà nel quantificarli numericamente quand'anche si fosse in grado di determinarli

Per quanto riguarda la definizione si deve sottolineare come sotto il termine generico di variabili culturali è possibile includere una grande varietà di fattori che possono avere influenzato le strategie insediative antiche. È stato dunque proposto di utilizzare gli stessi siti archeologici come variabili aggiunte nella costruzione del modello;

we are arguing that the archaeology be put back into the archaeological predictor models³⁷

Ma questa possibilità è molto limitata da diverse problematiche a partire dall'incompletezza del dato archeologico.

La relazione di una comunità con un condizionamento di tipo culturale è molto più difficile da interpretare e molto più variabile nel tempo di quanto non lo sia, per fare un esempio, la necessità di acqua potabile. Inoltre è da considerare come uno degli aspetti più discutibili risulti essere l'interpretazione, infatti non sempre è chiaro quale fosse l'effettivo ruolo, se attrattivo o repulsivo di queste variabili, e proprio questo fatto unito alla difficoltà nel definire con certezza la cronologia e all'incompletezza dei dati di partenza ne pregiudica notevolmente l'utilizzo.

Per chiarire questo punto attraverso un esempio generico si pensi alla presenza di una necropoli o di una tomba che potrebbe essere interpretata da culture diverse sia in maniera attrattiva con lo scopo di cercare di restare vicino agli antenati che in maniera contraria come una zona da evitare in quanto tabù. L'analisi statistica della disposizione dei siti rispetto a questa variabile potrebbe sì dirci come i siti si dispongono in relazione a questa variabile ma dal momento che non è sempre possibile conoscere con certezza la successione cronologica, non potrebbe dirci se l'insediamento è nato vicino alla tombe o se è la necropoli ad essere stata creata vicino all'insediamento. A ciò è da aggiungere il fatto che non si sarà mai sufficientemente sicuri di conoscere con esattezza e in maniera completa la disposizione di tutte queste variabili rischiando, partendo da dati incompleti, di arrivare a conclusioni errate.

In un articolo incentrato su questa tematica³⁸ si suggerisce come alcuni elementi del paesaggio possono essere interpretati come aventi significati culturali, come una sorgente sacra, e che in un certo senso tutte le componenti ambientali abbiano anche una componente culturale, esse vengono dunque incluse nella modellazione predittiva tradizionale in quanto variabili ambientali e vengono dunque interpretate ponendo l'accento sugli aspetti economici più che simbolici.

Oltre alla difficoltà di interpretare le possibili variabili culturali, è da considerare come esse non siano sempre facili da definire cartograficamente e per questo motivo sono difficilmente utilizzabili in progetti di questo tipo. Ciò è ancora più vero in quanto nel considerare una variabile culturale ci si trova nella necessità di assegnargli un peso³⁹ in modo da definire l'importanza relativa di ognuno degli elementi considerati, ma ci si troverebbe in questo

³⁷Lock e Harris 2006, p. 47.

³⁸Verhagen, Kamermans *et al.* 2010, p. 308.

³⁹Ridges 2006, pp. 125-6.

modo ad aggiungere un elemento soggettivo che non necessariamente corrisponde alla realtà antica.

Generalmente il processo di trasformazione di una variabile culturale da area, punto o linea ad una tipologia di dato utilizzabile nella modellazione è attuato attraverso due tecniche, la distanza (euclidea o di costo) e la visibilità⁴⁰. La prima è quella che è stata utilizzata anche per molte variabili ambientali e si basa appunto sulla creazione di una carta *raster* che indica la distanza di ogni cella da uno o più punti nel territorio. La seconda invece consiste nella generazione di carte di visibilità in cui sono indicate le zone del territorio visibili da uno o più punti. Gli studi sulla visibilità sono un filone molto florido soprattutto appunto in relazione alla visibilità di determinati monumenti nel paesaggio⁴¹ oppure per studiare il controllo sul territorio circostante. Ciononostante, visto l'oggetto di questo studio, non si ritiene che le analisi di visibilità possano essere utili per creare una variabile che possa essere utilizzata proficuamente nel corso della modellazione predittiva.

Passando dalla discussione generale alla trattazione del caso particolare, nel presente lavoro è stato possibile individuare solo due variabili che possono essere definite culturali, anche se saranno qui utilizzate soprattutto in relazione ai loro aspetti economici più che simbolici, la distanza di costo dalle città e quella dai percorsi viari.

3.4.1 Tipologie di modelli predittivi

Procedimento induttivo

Il metodo induttivo si basa sui siti archeologici attualmente conosciuti e cerca di analizzare la loro disposizione in relazione ai fattori fisici e culturali (quando possibile) che si intendono analizzare valutando quali di questi abbiano influenzato le scelte insediative antiche e con quale importanza, generando infine il modello.

I pesi saranno assegnati alle variabili in modo statistico e per questo, almeno teoricamente, più corretto rispetto al metodo induttivo che invece assegna i pesi in base a scelte soggettive, che possono variare profondamente a seconda della persona che le effettua⁴².

La critica più importante a questo approccio è che si può ritenere che il modello risultante sia viziato in partenza dal fatto che i siti conosciuti non rappresentano che una parte della popolazione iniziale e che le modalità di conservazione non sono casuali ma sono influenzate anche queste da fattori naturali e antropici. Idealmente un modello predittivo di tipo induttivo andrebbe realizzato in un ambiente controllato⁴³, o quantomeno un territorio ricognito completamente di cui si conosce con sicurezza la posizione di tutti i siti conservati. Questo non è sempre possibile, ma si realizza spesso in base ai dati di cui si è in possesso, predicendo in questo modo non tanto la posizione di tutti i siti antichi ma solo di quelli conosciuti. Un modello di questo tipo ha però il vantaggio di essere molto economico da realizzare e per questo motivo tale metodo è molto utilizzato nel settore della gestione dei beni archeologici soprattutto in vista di costruzioni di opere pubbliche⁴⁴. D'altro canto anche in seguito ad una ricognizione intensiva non si è in grado di avere la certezza di conoscere tutti i siti realmente esistenti e di poterli datare con sicurezza, in questo caso il risultato del modello sarebbe comunque condizionato dalle modalità di conservazione del paesaggio archeologico. Questo metodo richiede un numero di siti relativamente largo per questo

⁴⁰Verhagen, Kamermans *et al.* 2010, p. 309.

⁴¹Conolly e Lake 2006, p. 225.

⁴²Kvamme 1999, p. 173.

⁴³Wescott e Kuiper 2005, p. 64.

⁴⁴I modelli predittivi hanno infatti avuto un grande successo nell'amministrazione pubblica, gli esempi sono numerosissimi (si vedano ad esempio Verhagen 2007, pp. 17-8; Wilcox 2012; Fry *et al.* 2004; Münch 2010).

motivo è difficilmente attuabile con categorie temporali o funzionali che contengono solo pochi casi⁴⁵.

Procedimento deduttivo

Il metodo deduttivo crea il modello di predittività in base a conoscenze a priori, a presupposti teorici, ossia in base a quali fattori l'archeologo crede fossero più importanti nell'influenzare le scelte insediative antiche. Risulta subito chiaro come questo approccio abbia vantaggi e svantaggi. Presuppone infatti una conoscenza, di fatto impossibile, di ciò che gli antichi ritenevano importante e cosa no. Conoscenza che può essere desunta di fatto solo in parte da fonti letterarie o etnografiche. Quando si tratta poi di dare un peso ai vari fattori si entra ancora di più nel regno dell'ipotesi. I sostenitori di questo approccio ritengono che esso sia però da preferire in quanto fornisce spiegazioni e relazioni causali che sono assenti al contrario nel metodo induttivo⁴⁶. In realtà in molti lavori basati su un modello induttivo si sottolineano le capacità esplicative e la conseguente possibilità di fornire interpretazioni anche di questo procedimento, la differenza è che esse sono formulate *a posteriori* piuttosto che *a priori*.

L'utilizzo di questo metodo è quindi da riservare unicamente per scopi teorici, che non potranno essere poi testati sulla realtà archeologica. Infatti il test andrebbe fatto sui siti archeologici conosciuti il che di fatto lo renderebbe soggetto alle stesse debolezze del modello induttivo.

Queste difficoltà hanno quindi portato il metodo deduttivo ad essere in genere meno utilizzato rispetto a quello induttivo.

3.4.2 Metodo

Il metodo più comune per la creazione di un modello predittivo di tipo deduttivo può essere sintetizzato in questi tre passaggi:

- Valutazione delle variabili da utilizzare attraverso analisi bivariate
- Utilizzo della regressione logistica (vedi 4.2.6) sulle variabili selezionate per assegnarvi un *peso*⁴⁷
- Validazione statistica del risultato

Valutazione variabili

In fase di progettazione è necessaria la valutazione delle variabili ritenute interessanti ai fini della ricerca e che si prenderanno in considerazione, per poter escludere dal modello quelle che sono statisticamente le meno rilevanti. Questo passaggio fondamentale prende in considerazione singolarmente ogni variabile e ne valuta l'importanza attraverso statistiche bivariate. Quelle utilizzate più spesso sono il Test di Kolmogorov–Smirnov⁴⁸ (vedi 4.2.5), il test del chi-quadro (vedi 4.2.5) e la regressione logistica semplice (vedi 4.2.5). Questa fase non deve però essere considerata solo una fase di passaggio per arrivare alle analisi multi-variate, le potenzialità di fornire indicazioni utili che hanno le analisi bivariate sono

⁴⁵Kvamme 1988, p. 330.

⁴⁶Whitley e Burns 2007, p. 115.

⁴⁷Cfr. ad esempio: Wheatley e Gillings 2002, p. 145; Duncan e Beckman 2005, pp. 43-44; Conolly e Lake 2006, p. 183; Warren 1990a, p. 99; Warren e Asch 2005, p. 145; Kvamme 1988, pp. 371-2; Rose e Altshul 1988, pp. 216-7.

⁴⁸Cfr. ad esempio: Diggs e Brunswig 2013, p. 214; Dalla Bona 2005, pp. 86-88.

comunque molto alte e non devono essere considerate inferiori rispetto alle multi-variate che non necessariamente sono sempre le più adatte a spiegare dei comportamenti sociali complessi⁴⁹.

Gruppo di controllo Il concetto di gruppo di controllo è molto comune nella statistica, esso serve per poter verificare se i risultati di una analisi statistica siano effettivamente significativi⁵⁰. Per fare ciò si mettono a confronto il test effettuato sui siti di interesse e un altro test effettuato su punti casuali del territorio che non contengono siti, solo se i due risultati divergono significativamente (vedi 4) si può ritenere che il risultato ottenuto sia rilevante.

Regressione logistica Multivariata Nel caso dei modelli predittivi si applica questa tecnica (vedi 4.2.6) sulla variabile dipendente di tipo booleano di presenza o assenza di siti⁵¹.

I risultati della regressione logica sono usati per ridefinire e bilanciare i pesi relativi alle variabili selezionate nella formula del modello predittivo. Questa formula è stata applicata all'area presa in esame, usando una funzione algebrica della mappa *raster* del GIS. La formula del modello predittivo risulta così come il risultato della somma ponderata dei valori delle variabili selezionate⁵².

Statistiche esplorative e bivariate sono state usate per comparare la distribuzione dei valori delle variabili dei siti noti e dei campioni casuali. Le analisi bivariate consistono nel Kolmogorov-Smirnov *two-sample test* e nel standard *Chi Square test*. Una volta identificate, le variabili potenzialmente significative vengono sottoposte alla regressione logica⁵³, nella quale viene assunto che le celle casuali siano non-siti⁵⁴.

3.4.3 Critiche ai modelli predittivi

Non si intende in questa sede descrivere la storia della nascita e dell'utilizzo di questa tecnica⁵⁵, si vogliono invece riportare unicamente gli aspetti che si ritengono essere stati più influenti nel processo decisionale che ha portato alla scelta di impiegare questo tipo di analisi.

Critiche teoriche

Le principali critiche valide mosse a questo tipo di analisi sono le seguenti:

- utilizzare dati archeologici incompleti;
- selezionare parametri ambientali in base alla disponibilità e facile reperibilità di alcuni dati, come i modelli digitali del terreno;
- di conseguenza, trascurare l'influenza dei fattori culturali, sia nei parametri ambientali che a maggior ragione in quelli archeologici;
- trascurare infine i cambiamenti della natura stessa del territorio;

⁴⁹Thomas 1978, pp. 241-2.

⁵⁰Kvamme 1988, pp. 346-7.

⁵¹Kvamme 1988, p. 371.

⁵²Duncan e Beckman 2005, pp. 43-44.

⁵³Kvamme 1988; Warren 1990a.

⁵⁴Duncan e Beckman 2005, pp. 43-44.

⁵⁵Di questo si sono già occupati numerosi altri autori (Verhagen 2007).

- la possibilità che le variabili siano correlate tra di loro rendendo quindi difficile comprendere i *patterns* osservati⁵⁶;
- si dà troppa importanza alla posizione del sito, non considerando che questo fosse parte di un sistema dal quale veniva influenzato⁵⁷;

Si ritiene necessario inoltre considerare che:

Indeed, predictive modelling can be seen as an heuristic tool for exploring data and identifying influencing factors (such as post-depositional or recovery bias) that present significant problems for field surveyors⁵⁸.

La correlazione di variabili in un modello predittivo può stabilire una relazione tra dati, ma non può spiegare da sola le dinamiche dell'uso umano del territorio⁵⁹. Quello che veramente si vuole capire sono le motivazioni che hanno fatto scegliere diversi spazi nel tempo per diverse attività⁶⁰. Analizzando queste obiezioni si capisce però che buona parte di esse non è superabile e ciò di conseguenza porta a fare delle considerazioni che forse esulano dallo scopo di questo studio ma che sembra necessario esplicitare.

Si può infatti notare come buona parte di queste critiche possano essere applicate non solo ai modelli predittivi, ma in maniera più ampia all'uso della statistica, anche in un certo modo all'intera ricerca archeologica e finanche a tutti gli ambiti delle scienze umane. Tutte le discipline non scientifiche, e l'archeologia sicuramente può essere inserita tra queste, non possono avere la certezza assoluta che le proprie conclusioni siano corrette. Suscitare obiezioni sui vari metodi è ovviamente una pratica positiva che aiuta a ridurre gli errori e a considerare in modo più approfondito i propri dati, ma tali obiezioni non devono essere ritenute insuperabili poiché in caso contrario si ricadrebbe in un iper-relativismo interpretativo dal quale sarebbe impossibile uscire e che bloccherebbe in modo permanente ogni ricerca non scientifica.

Sicuramente non si potrà mai conoscere per intero il paesaggio archeologico antico e nemmeno i fattori che influenzavano le decisioni umane, ciò non significa però che sia inutile continuare a studiarli ed ogni sistema che può portare nuovi dati e punti di vista può essere utile a questo scopo.

*"No one is denying the complexity of the task, but that is the challenge, not an excuse"*⁶¹.

Coscienti di questi punti deboli si è deciso comunque di provarne l'applicazione con lo scopo di avere nuovi spunti interpretativi, la modellazione predittiva può servire ad individuare dei *patterns* anche se non naturalmente non può spiegarli⁶², caratteristica questa comune a tutte le analisi spaziali:

prediction is not an end in itself, it is just a methodological tool to be used within a particular framework of a certain theoretical approach⁶³.

⁵⁶Kuna 2000, p. 183.

⁵⁷Ebert 2005, p. 139.

⁵⁸Keay e Witcher 2009, p. 281.

⁵⁹Church, Brandon e Burgett 2005, pp. 145-6.

⁶⁰C. D. Dore e Wandsnider 2006, p. 72.

⁶¹Church, Brandon e Burgett 2005, p. 159.

⁶²Witcher e Keay 2010, p. 279.

⁶³Kuna 2000, p. 184.

Aspetti tecnici

Le problematiche legate alla modellazione predittiva non si riducono però solamente agli aspetti teorici ma a questi vanno aggiunte delle problematiche più tecniche legate soprattutto alla precisione dei dati di partenza e alle metodologie utilizzate.

Il modello del terreno Nel caso qui analizzato le variabili sono tutte strettamente dipendenti dal modello digitale del terreno, è dunque evidente come la qualità di questo influisca pesantemente sul modello stesso⁶⁴.

Non solo la qualità ma anche la risoluzione della cella influenza considerevolmente i risultati finali e se è teoricamente possibile valutare la qualità di un DEM⁶⁵, non è possibile stabilire con certezza assoluta la risoluzione ideale per le analisi. Questa incertezza portata in termini archeologici potrebbe essere trascritta con la domanda; qual'era la dimensione del terreno valutata da chi si accingeva a costruire una fattoria per decidere se la posizione era adeguata o meno? Erano i relativamente pochi metri quadrati dell'edificio in sé o si teneva presente anche una piccola oppure una media area di rispetto attorno all'edificio? Quindi la dimensione corretta della cella è 10, 30 o 100 metri (rispettivamente 100, 900 o 10000 metri quadrati)?

Come detto non si può rispondere a questa domanda ma si possono fare delle considerazioni utili per stabilire quale sia la dimensione di cella da utilizzare.

Il DEM utilizzato ha originariamente una risoluzione di 30 metri. Si esclude dunque in partenza la cella da 10 metri che è in ogni caso oggettivamente troppo piccola per rappresentare adeguatamente la superficie media degli insediamenti considerati. Si tratta infatti solo raramente di fattorie con una superficie così modesta, in buona parte dei casi invece sono insediamenti di dimensioni piuttosto considerevoli, con una superficie edificata che spesso supera abbondantemente i mille metri quadrati e dunque è chiaro come in questi casi il lato minimo della cella deve essere di almeno 30 metri.

Area	Siti con pressa %
0-900	34.13
900-3600	43.65
3600-10000	17.46
> 10000	4.76

Tabella 3.2: Estensione siti in metri quadrati

Ci sono però alcuni argomenti che portano alla necessità di utilizzare una cella di dimensione ancora maggiore:

- In primo luogo si deve tener conto che buona parte dei siti sono stati documentati nelle prime fasi della missione in Tunisia, quando la tecnologia G.P.S. non era ancora disponibile e quindi un possibile errore di 10-20 metri nel posizionamento del sito è un dato di fatto di cui è bene tener conto.
- Inoltre va considerato che raramente un sito si colloca esattamente all'interno di una cella ma può capitare che si disponga su due o anche su quattro celle contemporaneamente pur avendo un'estensione che potrebbe stare all'interno di una sola.

⁶⁴Warren 1990b, pp. 210-1.

⁶⁵Hageman e Bennett 2005, pp. 129-132.

- Infine i siti con superficie inferiore ai novecento metri sono circa un terzo di quelli misurati.

Alla luce di queste affermazioni si ribadisce come lo scopo di tutto il processo di creazione del modello sarà principalmente quello di fornire spunti interpretativi utili per un'analisi più approfondita delle dinamiche insediative.

Ciò detto una cella di circa 60 metri (con una superficie quindi di 3600 m^2) sembrerebbe essere un compromesso accettabile, ma le osservazioni fatte sopra sono almeno in parte ancora valide e una percentuale ancora piuttosto elevata di siti ha una superficie ancora maggiore (tabella 3.2). Si dovrebbe quindi considerare una risoluzione di 90 metri ma si rischierebbe così di portare ad un eccessivo appiattimento dei valori e ad una conseguente minore utilità del modello. Ciò va valutato anche considerando il fatto che la risoluzione influenza il risultato in maniera diversa a seconda della variabile, se la distanza dalle sorgenti e anche in parte l'altitudine sono influenzate relativamente poco da questa scelta, un valore come la pendenza potrebbe esserne influenzato pesantemente.

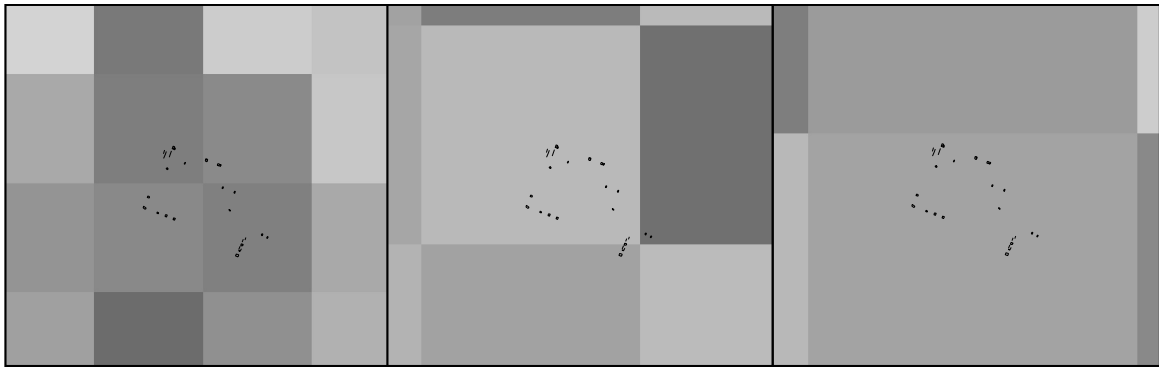


Figura 3.7: Dimensione della cella di 3 ipotetici *rasters* (da sinistra 30, 60, 90 m) in rapporto ad un sito

La dimensione della cella è dunque un fattore decisamente importante che influenza in maniera decisiva il risultato del modello predittivo. Per questo motivo si è deciso di escludere una scelta *a priori* ma di effettuare la procedura di creazione del modello predittivo per tutti e tre le dimensioni di celle, in modo da poterne analizzarne e compararne i risultati arrivando così infine a poter scegliere in maniera più consapevole la dimensione di cella che produce i risultati migliori.

Naturalmente al fine di effettuare questa procedura piuttosto lunga (vedi il capitolo 5) per tre volte si è rivelata essenziale la creazione di *scripts* in grado di automatizzare il più possibile i vari passaggi, questi sono riportati nell'appendice A.

3.5 *Analisi locazionale e site catchment*

La più grande limitazione della modellazione predittiva è che le variabili sono considerate unicamente nel luogo in cui è presente il sito, non considerando quindi la posizione del terreno nelle vicinanze altrimenti detto *site catchment*. Si possono distinguere due tipi di *input* per questo tipo di analisi. Il luogo preciso in cui si decide di insediarsi e il territorio circostante a quel sito. Il primo può essere influenzato da variabili diverse da quelle che invece influenzano il secondo. La posizione precisa di un sito può ad esempio essere influenzata dalla posizione di predominio sul luogo circostante, al contrario il terreno circostante ad un sito probabilmente non era affatto influenzato da questa. Una fattoria infatti “non è niente altro che il luogo

al quale fanno capo tutte le attività agricole praticate in uno spazio che non è certo quello delle strutture della fattoria in sé, ma il suo intorno, il quale è funzionale all'organizzazione di *householding* che vi ha sede; la sua unità spaziofunzionale⁶⁶.

Si può osservare come sia indispensabile per comprendere la disposizione di siti produttivi in un determinato territorio considerare non soltanto il punto in cui sono stati costruiti, ma estendere le analisi al terreno circostante che essi dovevano sfruttare. Questa non è una novità negli studi archeologici dove la *site catchment analysis* è una prassi consolidata.

La prima domanda a cui rispondere per poter iniziare ad occuparci di questo studio è quella di determinare quale fosse l'effettivo territorio sfruttato da ogni sito. Questa è una questione naturalmente molto complessa che è stata affrontata utilizzando numerosi modelli, il più famoso dei quali è quello dei poligoni di Thyssen. Questo modello però è troppo semplicistico perché possa essere utilizzato in maniera proficua ancor più considerando il fatto che i siti archeologici che si andranno ad analizzare non possono essere considerati la totalità di quelli presenti in antico.

Si è quindi utilizzato un approccio nuovo, che si è cercato di validare statisticamente, basato sul presupposto che:

- così come è evidente oggi, il terreno nelle più immediate vicinanze del sito era quello più importante per lo sfruttamento agricolo anche in antico, in particolar modo per l'oleicoltura

Questa idea doveva essere ancor più vera considerando la tipologia di insediamento costituita da piccoli edifici occupati interamente dall'oleificio o in Algeria quello dei torchi rupestri che avevano come unica finalità quella produttiva e non quella abitativa e che quindi si deve ritenere fossero costruiti nelle immediate vicinanze degli oliveti. Si analizzerà quindi il terreno nelle immediate vicinanze di tutti gli oleifici e si cercheranno differenze tra le varie tipologie insediative.

3.5.1 *Land evaluation*

La tecnica definita *land evaluation* è vista spesso come un modello predittivo di tipo deduttivo⁶⁷. Questo tipo di analisi usa solitamente in maniera consistente i dati provenienti dalla pedologia attuale⁶⁸, dati che sono al contrario sconsigliati in altri studi data la loro possibilità di mutare nel tempo. Esistono però diversi lavori che non ne fanno uso mantenendo un approccio deduttivo⁶⁹ basato sulle indicazioni fornite dagli autori antichi, mentre altri ne utilizzano uno induttivo basato sulla carta dell'utilizzo del suolo attuale⁷⁰.

Si applicheranno entrambi questi approcci e si compareranno i risultati per poi arrivare, comunque all'interno di un approccio prettamente deduttivo, ad una fusione delle indicazioni provenienti da entrambi. Questo sarà effettuato attraverso la tecnica definita *Multi Criteria Evaluation*.

MCE, Multi Criteria Evaluation

La MCE è una tecnica di decisione assistita, essa consiste nel valutare quali sono i fattori da considerare nel risolvere un problema, definire la loro importanza e unirli in modo da trovare la soluzione. In ambiente GIS essa viene utilizzata per supportare le decisioni

⁶⁶Monti 2006, p. 11.

⁶⁷Kamermans 2000, p. 133, 2006, p. 91.

⁶⁸Joolen 2003, p. 26.

⁶⁹Goodchild 2007, Vedi ad esempio.

⁷⁰Verhagen, Gili *et al.* 1999, pp. 82-13.

di pianificazione territoriale. I metodi tradizionalmente adottati per questo scopo sono generalmente due⁷¹. Il primo si basa su mappe booleane ossia ad ogni pixel del *raster* sono assegnati valori 0/1 per indicare l'idoneità/non idoneità di quel settore in base al fattore considerato, la seconda si basa invece su valori continui che assegnano un valore di una scala numerica (ad esempio da 0 a 255) permettendo in questo modo di valutare un pixel anche "parzialmente adatto", il processo di assegnare questi valori è detto standardizzazione. Una volta effettuata questa operazione per tutti i fattori presi in considerazione, questi si uniscono attraverso una semplice media della somma di tutti i valori oppure, più spesso, assegnando ad ogni fattore un peso che può essere definito in maniera soggettiva da uno o più esperti⁷², permettendo in questo modo di assegnare maggiore importanza ad un fattore rispetto ad un altro.

Si tratta dunque di una tecnica utilizzabile all'interno di un modello predittivo di tipo deduttivo e verrà utilizzata in questo lavoro nel processo di costruzione di un *raster* che contenga i valori di idoneità di utilizzo per la coltivazione dell'ulivo. In questo modo si creerà una nuova variabile da utilizzare per comprendere la disposizione degli oleifici.

⁷¹Eastman 1999, pp. 494-5.

⁷²Di Zio e Bernabei 2009, p. 315.

4

ANALISI STATISTICHE E SPAZIALI

In questo capitolo si intende elencare e spiegare nella maniera più sintetica e semplice possibile quali siano le analisi che saranno utilizzate nei capitoli seguenti, quali siano i loro punti di forza e quelli deboli, quindi quando esse debbano o non debbano essere utilizzate o quali siano i risultati che ci si può attendere¹. Gli aspetti più tecnici sono stati necessariamente esclusi perché non fanno parte degli obiettivi di questo lavoro e porterebbero unicamente ad appesantire la lettura.

Si rimanda all'Appendice 1 per quanto riguarda l'applicazione pratica dei principi teorici riportati in questo e nei capitoli successivi. La decisione di creare un capitolo a parte è stata dettata dalla volontà di non rendere necessarie continue digressioni nei capitoli successivi per presentare questi aspetti più tecnici.

Si ritiene necessario sottolineare l'importanza del lavoro di progettazione delle analisi, allo scopo di utilizzare solo le variabili importanti per l'obiettivo, infatti l'utilizzo di variabili errate può portare al nascondere i *patterns* che si stanno cercando².

Significatività Un test viene considerato in questa sede essere significativo se il valore del *p-value* risulta essere inferiore al livello soglia. Generalmente si considera lo 0.05 (ossia il 95% di probabilità) come il livello più adatto per accettare o rifiutare il risultato del test. Sotto questa soglia si può ritenere altamente probabile che i siti si dispongono in maniera non casuale rispetto alla variabile considerata. Si può dunque rigettare l'ipotesi nulla di disposizione casuale. Numeri inferiori (quindi probabilità maggiori) saranno considerati significativi, numeri superiori non significativi.

Metodo Monte Carlo Il metodo Monte Carlo consiste nella ripetizione per n volte di una determinata analisi in modo da poterne aumentare l'attendibilità³. Il metodo dunque è usato per trarre stime attraverso simulazioni.

¹Questo capitolo è stato inserito per illustrare le nozioni di base di statistica utilizzate nel prosieguo del lavoro.

²Shennan 1997, p. 218.

³Conolly e Lake 2006, pp. 161-2.

4.1 Tipologie di dati

I dati su cui si basano le analisi possono essere suddivisi in dati di tipo categoriale oppure continui.

Variabili categoriali Le variabili categoriali (o qualitative) consistono appunto in categorie che non hanno un ordine o un valore numerico (scala nominale), sotto questa definizione ricade ad esempio la geologia, oppure hanno un ordine ma tra le categorie non esiste una distanza fissa (scala ordinale), per esempio il grado di conservazione (Ottimo, Mediocre, Pessimo)⁴.

Variabili continue Le variabili continue (o quantitative) sono invece quelle che possono essere definite numericamente e quindi la distanza tra di loro è misurabile ed è significativa. Sono suddivisibili in misurabili per scala di intervallo, ossia quando non esiste uno zero assoluto e dunque non è possibile effettuare operazioni matematiche su di esse (il classico esempio è la temperatura misurata in gradi Celsius dove 20° non equivale a 2x10°), oppure misurate a scala di rapporto, in questo caso esiste uno zero e ciò permette di calcolare il rapporto tra i valori, è quindi il livello di misurazione che da più informazioni⁵.

4.2 Tipologie di test

4.2.1 Test parametrico

Si definisce test parametrico un test statistico che si può applicare in presenza di una distribuzione libera dei dati, o comunque nell'ambito della statistica parametrica. Ciò avviene effettuando un controllo delle ipotesi sul valore di un parametro, quale la media, la proporzione, la deviazione standard, l'uguaglianza tra due medie, etc.

Al contrario un test non parametrico è applicabile solo in presenza di distribuzioni di tipo normale. I test parametrici però risultano più attendibili rispetto a quelli non parametrici in quanto associati ad una maggiore probabilità di riuscire a rifiutare un'ipotesi statistica errata.

4.2.2 Test non-parametrico

La statistica non parametrica è una parte della statistica in cui si assume che i modelli matematici non necessitano di ipotesi a priori sulle caratteristiche della popolazione (ovvero, di un parametro), o comunque le ipotesi sono meno restrittive di quelle usate nella statistica parametrica.

In particolare non si assume l'ipotesi che i dati provengano da una popolazione normale o gaussiana.

Viene considerata a volte la statistica dei piccoli campioni in quanto è soprattutto in questi casi che l'ipotesi di distribuzione gaussiana è fatta spesso in modo arbitrario. Ma questa definizione può essere fuorviante in quanto la statistica non parametrica viene applicata anche in presenza di campioni relativamente grandi.

Durante i capitoli successivi i test utilizzati saranno quasi sempre di tipo non-parametrico.

⁴Fletcher e Lock 2005, pp. 1-3.

⁵Fletcher e Lock 2005, pp. 3-6.

4.2.3 Il numero di variabili

Si possono individuare tre tipi di analisi in base al numero delle variabili che vengono prese in considerazione.

1. L'analisi monovariata consiste nell'analizzare le variabili singolarmente prese, cioè ad una ad una senza metterle in relazione fra di loro
2. L'analisi bivariata è lo studio delle relazioni fra due variabili
3. L'analisi multivariata è invece lo studio delle relazioni intercorrenti fra più di due variabili.

4.2.4 Analisi monovariate

Le analisi monovariate studiano le distribuzioni di frequenza della variabile oggetto di studio. Forniscono una descrizione completa della variabile, ovvero di come essa è distribuita fra i casi rilevati nel campione. Essa costituisce il punto di partenza per l'analisi bivariata e/o multivariata.

4.2.5 Analisi bivariate

Le analisi bivariate sono utilizzate invece nel caso si voglia verificare l'esistenza di una relazione tra due variabili.

Test del Chi-quadro

Il test del X^2 è una tecnica per comparare le frequenze osservate con quelle attese secondo l'ipotesi nulla di indipendenza tra le due⁶. L'esempio più chiaro è quello della moneta, infatti è raro che dal lancio di una moneta si ottenga il risultato teorico di una parità tra le teste e le croci, ma nonostante questo non si deve per forza dedurre che la moneta sia truccata. Lo scopo del test è quello di conoscere se le frequenze osservate differiscono significativamente dalle frequenze teoriche. I dati saranno riportati in una tabella di questo tipo

O	E	$\frac{(O-E)^2}{E}$
51	53.8	0.15
22	29.3	1.83
22	18.0	0.89
		2.87

Tabella 4.1: Test del Chi-quadro

Dove O indica i risultati osservati, E quelli teorici. Il X^2 è invece il risultato della somma del terzo valore (in questo caso 2.87).

Si utilizzerà questo test nella fase di interpretazione delle variabili. In particolar modo sarà l'unico test effettuato per le variabili categoriali mentre sarà utilizzato a fianco del test di Kolmogorov-Smirnov per le variabili continue. I valori attesi saranno la percentuale di siti corrispondenti alla percentuale di area coperta da quella determinata variabile. Se un determinato tipo di terreno copre il 60% della superficie totale i siti attesi saranno il 60% del totale dei siti.

⁶Fletcher e Lock 2005, p. 129.

Per sapere se la frequenza osservata differisca significativamente da quella attesa ad un determinato livello di significatività (generalmente il 95%) e con gli opportuni gradi di libertà (nel caso riportato in tabella 4.1 sarebbero 2, pari al numero delle variabili -1) si dovrebbe confrontare il X^2 con i valori presenti in una tabella specifica. Nel nostro caso invece si riporteranno i valori del p-value calcolati da R. A valori inferiori a 0.05 corrisponde una significatività del 95% e le due frequenze saranno quindi considerate significativamente diverse rifiutando l'ipotesi nulla.

Presentazione dei risultati I risultati di questo test saranno presentati in forma numerica (*p-value*) ed in forma di tabella. In quest'ultimo caso tutte le variabili saranno suddivise in categorie per ognuna delle quali saranno calcolati la percentuale di superficie occupata (**Perc**) il numero di siti che ricadono in quella categoria (**O**), quelli attesi (**E**) nel caso i siti si disponessero in maniera causale. Ossia la percentuale di siti corrispondente alla percentuale di superficie. Se un determinato tipo di terreno copre il 60% della superficie totale i siti attesi saranno il 60% del totale dei siti.

$\frac{(O-E)^2}{E}$ è la formula il cui risultato indica numericamente quanto il numero di siti attestati si discosta da quelli attesi, più alto sarà il suo valore maggiore sarà questa differenza. Sarà dunque di interesse per comprendere come i siti si dispongono nel territorio quali sono le categorie evitate e quali quelle preferite. La somma di questi valori costituisce il χ^2 , da questo, secondo delle soglie definite matematicamente, sarà calcolato il *p-value* in base ai gradi di libertà (**df**) che nei casi presentati consisteranno nel numero di categorie meno uno.

Test di Kolmogorov–Smirnov

Il test di Kolmogorov–Smirnov è un test non-parametrico adatto ad essere utilizzato per l'analisi di variabili continue⁷. Questo tipo di test può essere definito *one-sample* quando i siti sono comparati con i valori dell'intero *background*⁸ mentre sarà definito *two-sample* quando saranno paragonati ai valori di un gruppo di controllo.

Il test consiste nel comparare due percentuali cumulative e di considerarne la differenza massima e in base a questa confermare o rigettare l'ipotesi nulla, ossia se esista o meno una significativa differenza tra le due distribuzioni⁹.

Presentazione dei risultati Per le variabili di tipo continuo sarà riportato oltre al risultato numerico del *p-value* anche un grafico, il grafico delle ogive nel quale l'asse y indica la percentuale cumulativa e quindi varia tra lo 0 e il 100%, ossia la percentuale di elementi che si trovano al di sotto della numero corrispondente sull'asse delle x. Questo grafico permette di comprendere meglio i risultati del test, si può infatti considerare un risultato come significativo se la linea dei siti (in nero) cade sul limite o al di fuori del range di quella dei non-siti (in grigio)¹⁰ se essa invece risulta essere al centro significa che i siti non risultano essere disposti in maniera significativamente differente rispetto ai non siti.

Regressione

Regressione lineare semplice La regressione lineare semplice permette di esaminare la relazione tra due variabili di tipo continuo per verificare se una di queste abbia influenze sul

⁷Conolly e Lake 2006, 130-3 e 193; Carrer 2012, pp. 205-6.

⁸Kvamme 1990, p. 373.

⁹Shennan 1997, pp. 59-60.

¹⁰Conolly e Lake 2006, p. 161.

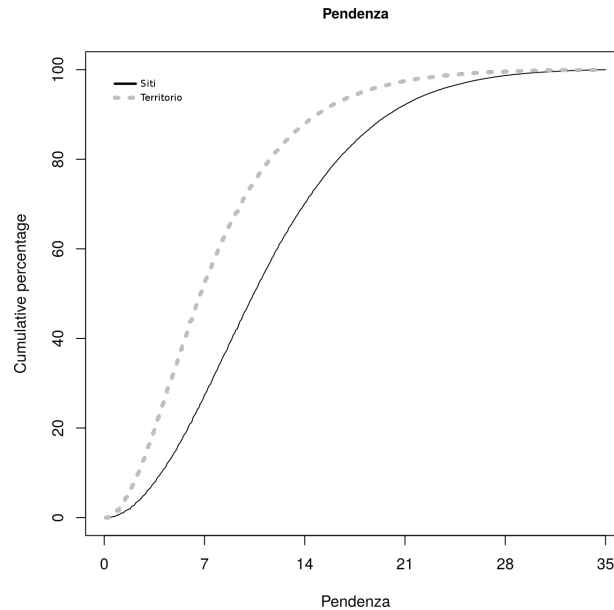


Figura 4.1: Il grafico delle ogive di percentuale cumulativa

valore della seconda. Perché la regressione funzioni, la variabile indipendente deve di fatto controllare le variazioni della variabile dipendente in qualche maniera¹¹.

Y è la variabile dipendente (o risposta), X la variabile aleatoria indipendente (esplicativa). Il modello statistico più semplice consiste nello spiegare Y in funzione di X attraverso la considerazione di una relazione lineare tra le variabili statistiche X e Y esprimibile per ogni coppia di osservazioni (x_i, y_i) dalla seguente funzione di regressione:

$$y = a + bx \quad (4.1)$$

Dove A è l'intercetta della funzione di regressione e b è il coefficiente di regressione.

Regressione logistica semplice La regressione logistica è un caso particolare di modello lineare generalizzato (o GLM, *generalized linear models*). Si tratta di un modello di regressione applicato nei casi in cui la variabile dipendente y sia di tipo dicotomico riconducibile ai valori 0 e 1, come lo sono tutte le variabili che possono assumere esclusivamente due valori: vero o falso, maschio o femmina o in questo caso presenza o assenza di un sito.

4.2.6 Analisi multivariate

Le analisi archeologiche spesso richiedono di considerare la relazione tra più variabili per raggruppare oggetti e per trovare relazioni e per questo motivo si rende necessario l'utilizzo di altri strumenti statistici detti appunto analisi multivariate¹².

L'uso di metodi di analisi multivariate presuppone ovviamente che ci sia un'appropriata descrizione degli oggetti che si stanno andando a studiare. Si descrive con uno scopo in mente, questo deve essere esplicito in modo da giustificare le variabili che si selezionano per essere utilizzate¹³.

¹¹VanPool e Leonard 2010, pp. 178-9.

¹²VanPool e Leonard 2010, p. 178.

¹³Shennan 1997, p. 218.

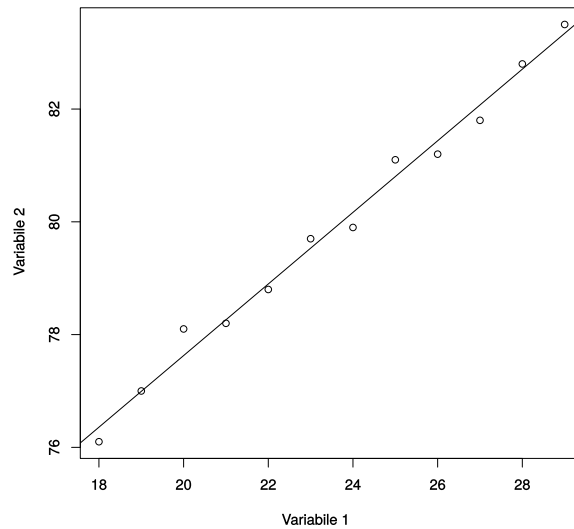


Figura 4.2: Esempio di regressione lineare

Regressione logistica multivariata

Per regressione multivariata si intende un modello composto da un'unica variabile dipendente e due o più variabili indipendenti esplicative. La variabile il cui valore deve essere predetto è la variabile dipendente mentre quelle conosciute in base alle quali si effettuano le predizioni sono dette variabili indipendenti.

Questa tecnica non parametrica non fa assunzioni sulla forma della distribuzione e per questo è una tecnica appropriata per dati nominali, ordinali o ad intervalli o per varie combinazioni di questi livelli di misurazione¹⁴.

Vengono inseriti in una tabella i valori corrispondenti ad ogni variabile indipendente e il valore presenza/assenza del sito come variabile dipendente¹⁵ la procedura genera poi una equazione del tipo:

$$L_i = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (4.2)$$

Il valore L può essere dunque utilizzato per stimare la probabilità di presenza di un sito utilizzando la funzione di distribuzione logistica¹⁶:

$$\rho_i = \frac{e^{(L_i)}}{1 + e^{(L_i)}} = \frac{1}{1 + e^{(-L_i)}} \quad (4.3)$$

4.3 Multi-Criteria Evaluation

4.3.1 AHP

Il metodo AHP è uno dei possibili metodi utilizzati per le decisioni multi-criterio che fu sviluppato inizialmente da Thomas L. Saaty¹⁷. Può essere utilizzato in due maniere differenti all'interno di un ambiente G.I.S. In primo luogo può essere impiegato per calcolare i pesi

¹⁴Kvamme 1988, p. 371.

¹⁵Wheatley e Gillings 2002, p. 155.

¹⁶Kvamme 1988, p. 371.

¹⁷Saaty 1980.

associati alle mappe delle variabili utilizzate nell'analisi multi-criterio. I pesi possono poi essere combinati con le carte delle variabili in maniera simile a quella del metodo lineare additivo¹⁸.

	V1	V2	V3	V4	V5
V1	1				
V2	1/2	1			
V3	1/3	1	1		
V4	1/3	1	1	1	
V5	1/3	1	2	2	1

Tabella 4.2: Definizione dei pesi

Pairwise comparison Questa tecnica serve per calcolare il peso relativo di ogni variabile all'interno del modello MCE. Per fare questo si confrontano singolarmente le variabili decidendo quale di queste è più importante dell'altra nell'influenzare il comportamento che si sta studiando. Si assegnerà dunque, di volta in volta, in ogni confronto tra la variabile in colonna rispetto a quella sulla riga un valore secondo una scala che generalmente varia da 1 a 9 dove:

Molto meno importante	Eguale importante	Molto più importante
1/9	1	9

Una volta compilata la matrice nel suo triangolo inferiore come in tabella 4.2 la parte superiore sarà compilata automaticamente dividendo 1 per il valore corrispondente già compilato.

Il passaggio successivo consiste nel calcolo dei pesi relativi per ogni criterio utilizzato. La procedura per ottenerli è composta di tre passaggi:

1. Sommare i valori in ogni colonna della matrice
2. Dividere ogni elemento nella matrice per il totale della sua colonna, la matrice risultante si chiamerà matrice normalizzata
3. Calcolare la media degli elementi in ogni riga della matrice normalizzata, ossia dividere la somma dei pesi normalizzati per ogni riga per il numero dei criteri utilizzati

Queste medie forniscono una stima dei pesi relativi dei criteri utilizzati, i pesi sono interpretati come la media di tutte le possibilità di comparazione¹⁹.

Dal momento che un giudizio individuale non potrà mai essere perfettamente coerente, il grado di uniformità raggiunto nel definire i valori relativi delle variabili è misurato da un indice il **Consistency Ratio** (CR) indicante la probabilità che la matrice dei pesi sia stata generata in maniera casuale. In via generale si ritiene che un CR inferiore od uguale a 0.1 indichi una matrice sufficientemente coerente, in caso contrario è necessario correggere i valori della matrice stessa²⁰.

Il processo di determinazione del *consistency ratio* comprende le seguenti operazioni²¹:

¹⁸Malczewski 2004, p. 35.

¹⁹Drobne e Lisec 2009, p. 465.

²⁰Yahaya, Ahmad e Abdalla 2010, p. 78.

²¹Drobne e Lisec 2009, p. 465.

1. Determinazione del *weighted sum vector*, moltiplicando il peso del primo attribuo per la prima colonna della matrice, il secondo per la seconda colonna e così via fino all'ultimo peso.
2. Sommare le righe di questi valori
3. Determinazione del *consistency vector* dividendo il *weighted sum vector* per i pesi dei criteri determinati in precedenza

A questo punto si può calcolare il *consistency index* (CI) attraverso l'equazione 4.4.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (4.4)$$

Dove λ è la media del *consistency vector*
Ed infine il *consistency ratio*:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.5)$$

Dove RI è il valore, ricavabile in tabella 4.3, corrispondente al numero di variabili (criteri) utilizzati nell'analisi.

n	RI	n	RI	n	RI
1	0	6	1.24	11	1.51
2	0	7	1.32	12	1.54
3	0.58	8	1.41	13	1.56
4	0.9	9	1.45	14	1.57
5	1.12	10	1.49	15	1.59

Tabella 4.3: Tabella degli RI per vari numeri di variabile (Drobne e Lisec 2009, p. 465)

Weighted linear combination (WLC) Questo è l'ultimo passaggio dell'analisi multi-criterio, applicando i pesi relativi delle variabili calcolati nel modo descritto nella sezione precedente ai valori dei *rasters* delle variabili. Questi vengono combinati applicando un valore ad ogni classe della variabile e moltiplicandoli per i pesi²². Naturalmente perché questi pesi abbiano un significato reale i *rasters* di partenza devono presentare dati con la stessa scala ed unità di misura²³. L'assunto di indipendenza dei dati vale anche in questo caso, se due variabili dipendono direttamente una dall'altra si può arrivare ad un risultato errato.

Si applica la formula seguente²⁴:

$$\sum_{i=1}^n w_i v_i \quad (4.6)$$

dove w_i è l'importanza relativa o il peso dei criteri, v_i è il peso relativo dei criteri e n è il numero totale di parametri utilizzati nell'analisi.

In questo modo un basso valore di uno dei criteri può essere compensato da un valore alto di un altro, in questo modo si distingue questo tipo di analisi da quella di tipo booleano (sì/no) che non prevede questa possibilità²⁵.

²²Al-Hanbali 2011, p. 268.

²³Malczewski 2000, p. 17.

²⁴Chandio *et al.* 2011, pp. 178-9.

²⁵Drobne e Lisec 2009, p. 466.

5

ANALISI LOCAZIONALE

In questo capitolo si effettueranno in primo luogo delle analisi mirate ad individuare eventuali *patterns* su larga scala nei modelli di insediamento. Con questo obiettivo sarà effettuata l'analisi del *rank size* (5.1.1) basandosi soprattutto sulle città e gli agglomerati e solo in un secondo tempo sugli altri siti rurali. La seconda analisi sarà la *Nearest Neighbours Analysis* (5.1.3), che benché, come si vedrà, sia soggetta ad alcune restrizioni che possono pregiudicarne la comprensione dei risultati potrà aiutare a gettare luce su alcuni aspetti delle relazioni tra siti.

La seconda parte di questo capitolo (5.4) si concentrerà invece sul rapporto tra i siti dotati di pressa e il territorio che si trovavano ad occupare e a coltivare. Si analizzeranno, dapprima attraverso analisi di tipo bivariato, le relazioni tra la posizione dei siti ed ognuna delle caratteristiche, fisiche o di origine antropica, del paesaggio che si è riusciti ad avere a disposizione. Confrontando i risultati ottenuti in Tunisia in primo luogo con gli altri siti rurali e successivamente con quelli rilevati in Algeria si potranno fare delle prime valutazioni sulle differenze e sulle similitudini.

Si analizzeranno infine le fasi che hanno portato alla generazione e alla validazione del modello predittivo, cioè all'unione in un'analisi di tipo multi-variato delle variabili che si riveleranno avere il peso maggiore nel determinare le scelte insediative¹. Questo modello, generato a partire dai siti individuati dal *Thugga survey* sarà applicato al territorio indagato in Algeria (nella zona del *Parc National d'El Kala*), verificando quindi se si possa sostenere che in questi due territori i modelli insediativi risultino essere paragonabili oppure sostanzialmente differenti².

Come si è visto nella sezione 3.4.3, sono stati creati tre diversi modelli a partire da tre diverse risoluzioni per verificare quale sia l'influenza di questo parametro nella valutazione delle variabili e nella conseguente generazione del modello. Nelle sezioni 5.2 e 5.4 sono riportati i risultati basati sulla risoluzione che si è rivelata migliore e si posticipa alla sezione 5.5 la comparazione dei dati provenienti dai tre modelli per la cui comprensione è necessaria la lettura delle sezioni precedenti.

¹Anche la sola identificazione di queste variabili fornirà già dati interessanti per comprendere queste scelte.

²In ambedue i casi sarà poi importante cercare di comprendere il perché di quel risultato.

5.1 Modelli insediativi

5.1.1 Rank size distribution

All'interno dell'area oggetto di studio, il sito di *Thugga*, riveste un ruolo centrale rispetto ad una fitta rete insediativa, caratterizzata dalla presenza di un alto numero di insediamenti che hanno caratteristiche di tipo urbano, tra questi insediamenti si contano diverse tipologie di statuti giuridici:

- 3 *coloniae*:
 - Thugga* (*Dougga*, AAT, f. 33, n. 27, sito DU548)
 - Thibursicum Bure* (*Téboursouk*, AAT, f. 33, n. 27, sito DU547)
 - Uchi Maius* (*Henchir-Douamis*, AAT, f. 32, n. 62, sito DU551)
- 4 *municipia*:
 - Agbia* (*Aïn Hedja*, AAT, f. 33, n. 190, sito DU549)
 - Aunobari* (*Henchir-Kern-el-Kebch*, AAT, f. 33, n. 160, sito DU550)
 - Numluli* (*Henchir-el-Matria*, AAT, f. 33, n. 19, sito DU546)
 - Thimida Bure* (*Kouchbatia*, AAT, f. 33, n. 2, sito DU498);
- 3 *civitates*:
 - Geumitanorum*³ (*Bordj-el-Hadj-bou-Baker*, AAT, I, f. 33, n. 125, sito DU169)
 - Mizigitanorum* (*Henchir-Aïn Babouch*, AAT, f. 33, n. 220, sito DU378)
 - Thigibba Bure* (*Djebba*, AAT, f. 32, n. 20, sito DU552)
- 2 *pagi*:
 - Suttuensis* (*Henchir-Chett*, AAT, f. 32, n. 26, sito DU066)
 - Assallitanus*⁴ (*Ferme Aïn al Hammam*, AAT, f. 33, n. 218, sito DU369);
- 5 agglomerati di cui non si conosce lo statuto giuridico:
 - Aquae*⁵ (*Henchir Younès*, AAT, f. 33, n. 73, sito DU696)
 - Aïn Flouss* (AAT, f. 33, n. 120, sito DU309)
 - Glia* (*Aïn Golea*, AAT, f. 33, n. 61, sito DU395),
 - Henchir Belda* (AAT, f. 33, n. 130, sito DU758)
 - Bir Tersas*⁶ (*Henchir-et-Tersas*, AAT, f. 33, n. 68, sito DU388)

Per studiare il rapporto che le legava e che probabilmente influenzava anche la distribuzione delle fattorie, si utilizzerà la *rank size distribution*. Si prenderanno in analisi i 15 siti⁷ di estensione maggiore, all'interno di un raggio di 12 km circa da *Thugga* (tab. 5.1).

³Quello che resta della *civitas Geumitanorum*, ha di un'estensione molto ridotta, ciò che è possibile ricostruire in base ai resti attuali e alle estensioni inserite nell'AAT, è comunque insufficiente per poter essere inserito in questa analisi.

⁴Anche i resti del *pagus Assallitanus* sono in realtà piuttosto miseri e già nell'AAT è riportato un insediamento delle stesse dimensioni, non potendo integrarle da nessuna fonte, questo *pagus* deve essere escluso da questa analisi.

⁵Il toponimo *Aquae* proviene dalla *Tabula Peutingeriana* (V, III, *AQVIS*) identificato con certezza con questo insediamento.

⁶Luogo di ritrovamento dell'iscrizione dei *Praedia Rufi Volusiani*, CIL 08, 25990.

⁷Si è scelto questo limite per includere soltanto i siti al di sopra dell'ettaro e mezzo di estensione.

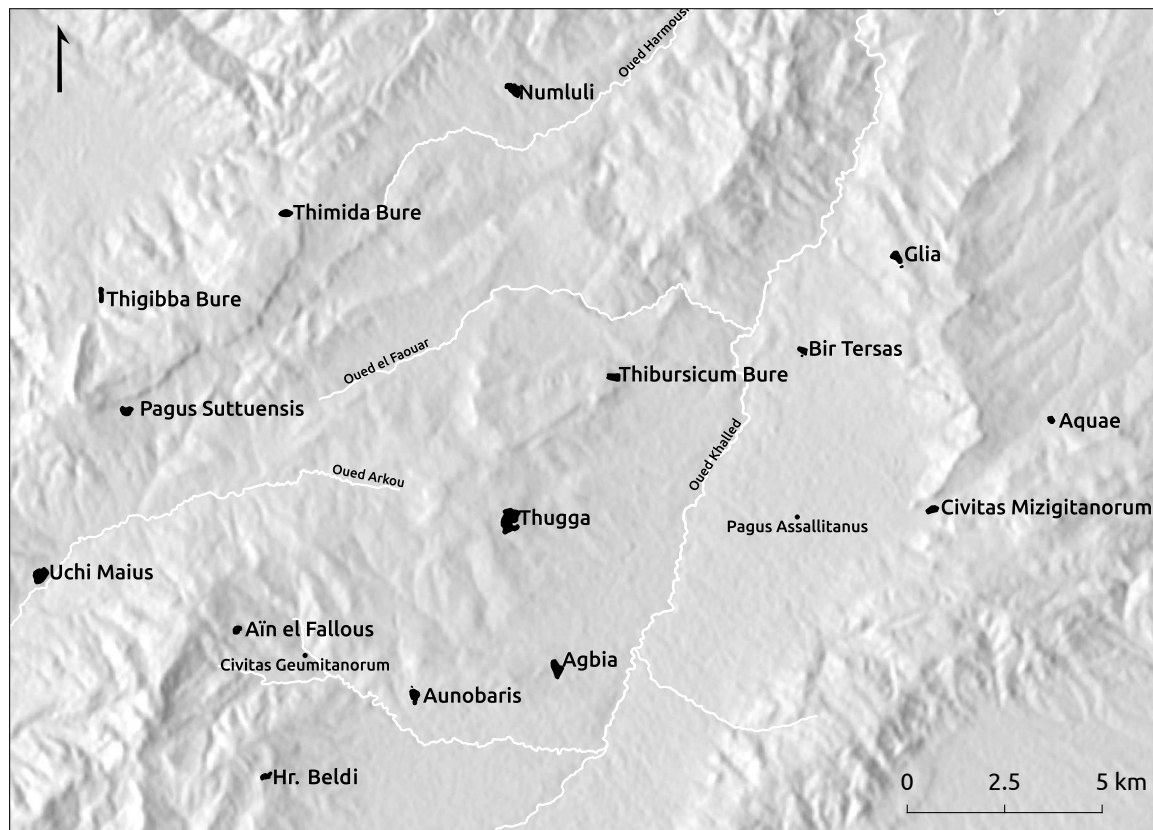


Figura 5.1: I siti urbani utilizzati nella *rank size analysis* e (in piccolo) quelli esclusi

5.1.2 La legge di Zipf

La legge di Zipf⁸ è una legge empirica che definisce la regolarità con cui si dispongono le dimensioni delle città, conosciuta anche come *rank size distribution*.

Il rango di una città è definito assegnando un numero crescente a partire dalla città più grande 1 alla seconda 2 e così via per tutte le città disponibili, anche se solitamente si escludono quelle al di sotto di una certa soglia.

Disegnando un grafico con il logaritmo naturale del rango sull'asse delle x e sull'asse delle y il logaritmo naturale della grandezza della città, ossia il numero di persone che vi risiedono, secondo la legge di Zipf si dovrebbe ottenere una linea retta di pendenza -1. Analizzando come i dati a disposizione si comportano, se seguono oppure in che modo si differenziano da questa retta, ci si può fare un'idea della gerarchia degli insediamenti e del modello insediativo della zona studiata. In linea generale l'andamento della retta starebbe ad indicare una società "matura" ossia ben integrata, una curva convessa

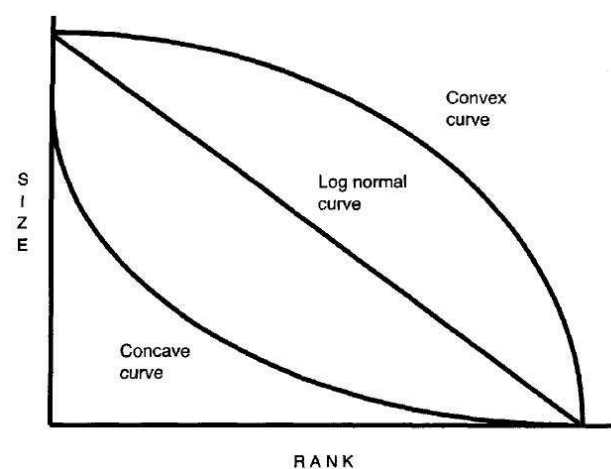


Figura 5.2: Rank size (Thurston 2002)

⁸Zipf 1949.

una società “vecchia” in cui molti centri competono per il primato e una concava una società “giovane” con un primato della capitale rispetto al resto del paesaggio⁹.

La legge di Zipf riguarda dunque la popolazione, informazione che evidentemente non è mai o quasi mai disponibile per studi che riguardino insediamenti di periodi più antichi di qualche secolo fa. Per questo motivo si utilizza spesso¹⁰ la superficie dell’insediamento piuttosto che una stima della sua popolazione, assumendo che vi sia una relazione costante tra le due.

Andando ad analizzare i dati a disposizione, è necessario porre in rilievo alcune questioni riguardanti la possibilità di misurare con una certa correttezza l’estensione dei siti urbani. Non tutti questi in effetti vantano uno stato di conservazione tale da poter definire con precisione i limiti della loro estensione. Per questo motivo in questa sede si utilizzeranno talvolta le estensioni riportate sull’*Atlas archéologique de la Tunisie*¹¹ (AAT33) che si sono rivelate piuttosto precise in altri casi ove i siti sono tutt’ora conservati, anche se con una tendenza a riportare estensioni più ridotte del reale, come nel caso di *Timida Bure* e di *Aunobari*.

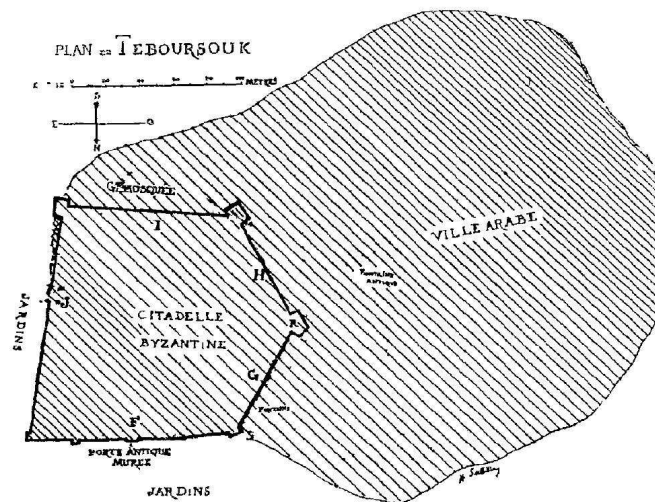


Fig. 50. — Plan de Téboursouk.

Figura 5.3: Téboursouk nel 1885 (Saladin 1893)

Thibursicum Bure (fig. 5.3 e 5.4a), l’attuale *Téboursouk* è interamente obliterata dalla città moderna e si possono ora intravedere solo i confini della fortezza bizantina. La situazione era la stessa già nel 1885 anno in cui Saladin riporta che gli unici monumenti antichi rimasti erano la porta monumentale inclusa nella fortezza bizantina e le vasche e le cisterne di una fontana¹². L’AAT riporta in rosso i confini di quella che doveva essere la città araba degli inizi del 900. In mancanza di altre informazioni ci si trova costretti ad utilizzare questo dato prendendo però come limite nord la porta monumentale conservata e le necropoli come limite ovest, di questo dato è però opportuno sottolineare la totale ipoteticità. In particolar modo si ritiene che la dimensione così calcolata sia sottostimata, si noti tuttavia che il variare di un singolo elemento non modifica in maniera decisiva le conclusioni che possono essere tratte dall’analisi.

⁹Cambi e Terrenato 1994, p. 244.

¹⁰Vedi ad esempio Farinelli e Olivelli 2009, pp. 169-72; Marzano 2011, pp. 202-204; Thurston 2002, p. 138; Pearson 1980, pp. 258-60.

¹¹Babelon 1893.

¹²Saladin 1893, pp. 66-7.

La *Civitas Mizigitanorum* (fig. 5.4b), individuata da Poinssot¹³, riconoscibile nel sito DU378, rilevata nel corso degli anni 90 si trovava già in condizioni molto precarie, oggi è ulteriormente danneggiata dall'ampliamento della carreggiata effettuato nel 2013 in seguito alla costruzione della strada tra *Laroussa* e *Téboursouk*. I suoi confini sono però riportati dalla carta 1:50000 e dall'AAT.

Il *Pagus Suttuensis* (fig. 5.4c) conserva un tempio, un mausoleo un *torcularium* e molti elementi di pressa *ex situ* dispersi sul terreno¹⁴. Non è però possibile attualmente definire con precisione i limiti dell'abitato antico e per questo motivo ci si limiterà ad utilizzare quelli riportati nell'AAT.

Anche nel caso di *Agbia* (fig. 5.4d) il sito è molto danneggiato e in buona parte oggi è ridotto a campo arato, conserva la fortezza bizantina che ingloba il *capitolium*, l'anfiteatro e alcune cisterne. Anche in questo caso si affiancheranno alle informazioni deducibili dai resti ancora visibili quelle provenienti dall'AAT.

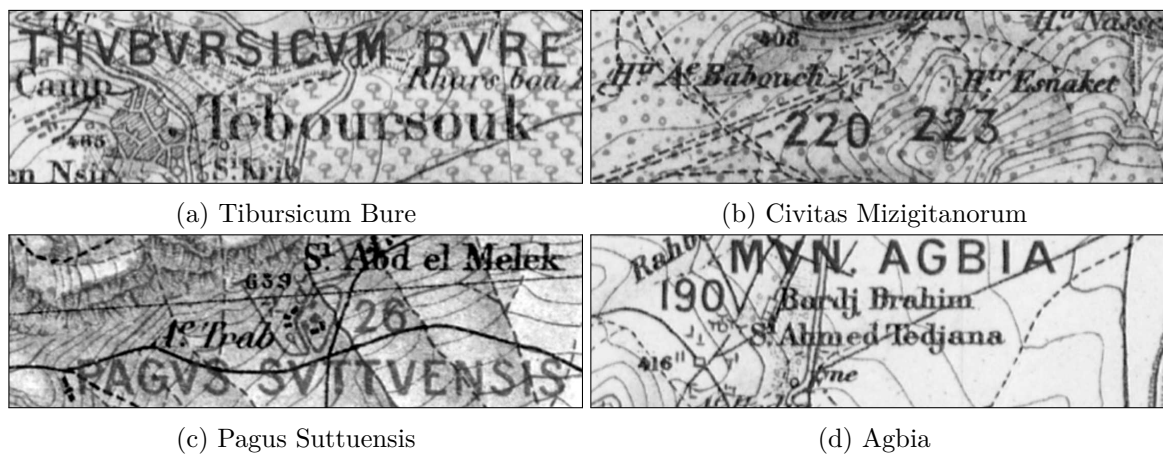


Figura 5.4: L'AAT nelle zone dei quattro insediamenti di cui il confine è incerto

Riepilogando si può sostenere che eccezion fatta per quanto riguarda *Thibursicum Bure* le estensioni degli altri insediamenti sono piuttosto attendibili.

Oltre a quelle elencate sopra, le principali limitazioni da tenere presenti sono¹⁵:

1. L'analisi necessita di una distribuzione completa o perlomeno bilanciata di siti
2. Non sempre è facile determinare dei limiti geografici all'interno dei quali applicare l'analisi

La prima può essere facilmente risolta andando ad analizzare solo i tipi di insediamento più grandi dei quali si ha una ragionevole certezza di conoscere il numero. La seconda invece è molto più complessa da affrontare. Questa metodologia è usata solitamente per indagini a grande scala, almeno a livello regionale e più spesso statale o, nel caso di studi riguardanti il periodo romano, a livello di provincia¹⁶. In questo caso si andrà invece ad effettuare un'analisi micro-regionale, si prenderanno in esame gli insediamenti più estesi all'interno di una parte dell'area di ricerca, che ha il suo centro a livello geografico e come città di rango 1, *Thugga*, con un limite est ben definito il *Djebel ech Cheidi* confine non solo geografico ma per un certo periodo di tempo anche politico, come già ricordato infatti vi passava la *Fossa Regia*.

¹³Poinssot 1920.

¹⁴De Vos e Attoui 2013, pp. 55-60.

¹⁵Cambi e Terrenato 1994, p. 244.

¹⁶Ad esempio Marzano analizza la *Britannia* e la Penisola Iberica (Marzano 2011).

	site_id	toponimo	area
1	DU548	Thugga	19.089
2	DU551	Uchi Maius	9.802
3	DU549	Agbia	7.550
4	DU546	Numluli	7.255
5	DU550	Aunobaris	5.086
6	DU395	Glia	4.579
7	DU066	Pagus Suttuensis	4.555
8	DU547	Thibursicum Bure	4.263
9	DU498	Thimida Bure	3.771
10	DU378	Civitas Mizigitanorum	3.549
11	DU552	Thigibba Bure	2.695
12	DU309	Aïn el Fallous	2.636
13	DU388	Bir Tersas	2.458
14	DU758	Hr. Beldi	2.388
15	DU696	Aquae	1.795

Tabella 5.1: I quindici siti più estesi (area espressa in ettari)

La tabella 5.1 riassume i valori dei quindici insediamenti più estesi, le analisi riguarderanno solo questi siti, in quanto si può ritenere che la regola di Zipf sia da considerarsi valida solo nel caso in cui i siti analizzati abbiano un carattere urbano. Questa osservazione porta con sé un nuovo problema di carattere metodologico sulla definizione di cosa sia e cosa non sia un sito a carattere urbano¹⁷. Per questo motivo si è deciso per la prima fase di includere solo questi quindici siti, tutti comunque classificati come città o agglomerato.

Come si può vedere in figura 5.5a e 5.5b la curva dei siti analizzati si discosta anche se non in maniera accentuata da quella ideale. Il sito più grande *Thugga* è seguito da *Uchi Maius* che riporta una dimensione coerente con la legge di Zipf. La linea si discosta successivamente assumendo una forma convessa. Un comportamento di questo tipo è molto frequente per quanto riguarda le società antiche e può essere spiegato in tre modi¹⁸:

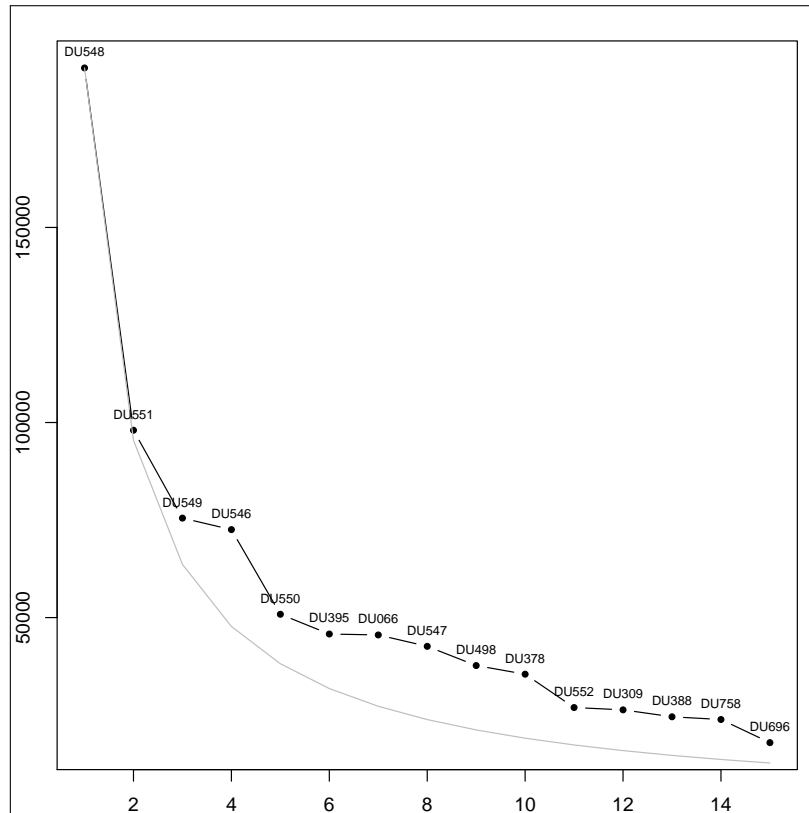
1. uno scarso livello di integrazione del sistema (dove “integrazione” ha un significato socio economico che varia a seconda del sistema preso in considerazione);
2. *system partitioning* (non è stato preso in considerazione l’intero sistema).
3. *system pooling* (sono stati analizzati come un unico sistema quelli che in realtà sono più di uno);

In sintesi, la prima cerca di definire il tipo di insediamento mentre le ultime due giustificano questo risultato semplicemente come un errore nell’utilizzo dei dati.

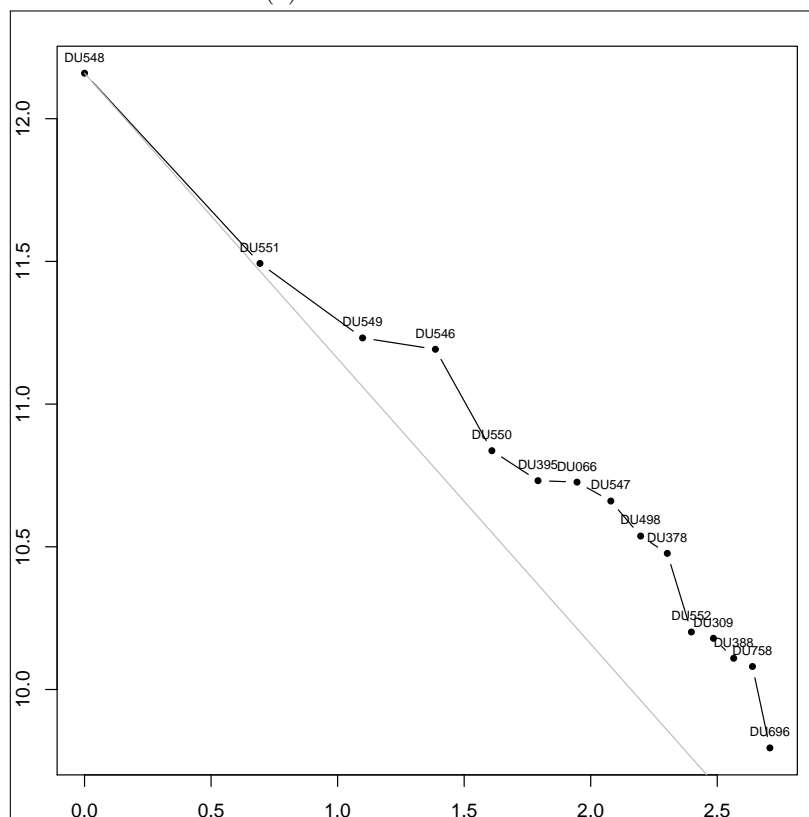
Escludendo l’ultima ipotesi, di aver considerato più sistemi contemporaneamente, si deve ammettere invece la possibilità di aver considerato solo una parte di un sistema più grande. Estendendo solo marginalmente l’area di interesse, includendo dunque città come *Musti*, *Thignica*, *Tichilla*, *Thabbora*, solo per citarne alcune, si otterrebbe tuttavia un’exasperazione del risultato attuale con un numero ancora più elevato di città di medie dimensioni.

¹⁷Obluski 2014, p. 868.

¹⁸Marzano 2011, p. 224.



(a) Rank size distribution



(b) Log(Rank size distribution)

Figura 5.5: Grafici di distribuzione dei 15 più estesi insediamenti della zona indagata in Tunisia (*Thugga Survey*), in grigio la distribuzione teorica

Estendere l'analisi a tutta la provincia dell'*Africa Proconsularis* sarebbe invece un lavoro che esula abbondantemente dalle motivazioni per le quali è stata portata avanti questa analisi.

Volendo invece accettare la prima spiegazione il sistema sarebbe dunque caratterizzato da un basso livello di integrazione. Con basso livello di integrazione si intenderebbe in questo caso l'essere la periferia di un sistema dendritico. Con questo termine ci si riferisce ad un sistema dominato da una città principale dalle quali dipendono le altre. L'impero Romano era evidentemente un sistema di questo tipo¹⁹ e le proprietà imperiali dimostrano l'interesse diretto dell'autorità centrale sulla produzione di questi territori. La stessa *Lex Hadriana* può essere vista come un danno all'economia locale in favore del fisco statale, in quanto i coloni pagavano un terzo della propria produzione, privando quindi l'economia locale e le città, di una parte delle risorse di cui altrimenti avrebbe potuto beneficiare²⁰.

Il risultato, in buona parte atteso di quest'analisi visto l'alto numero di siti a carattere urbano in un'area relativamente ridotta, risulta però essere più accentuato soprattutto a causa degli agglomerati che giocano un ruolo fondamentale in questa distribuzione.

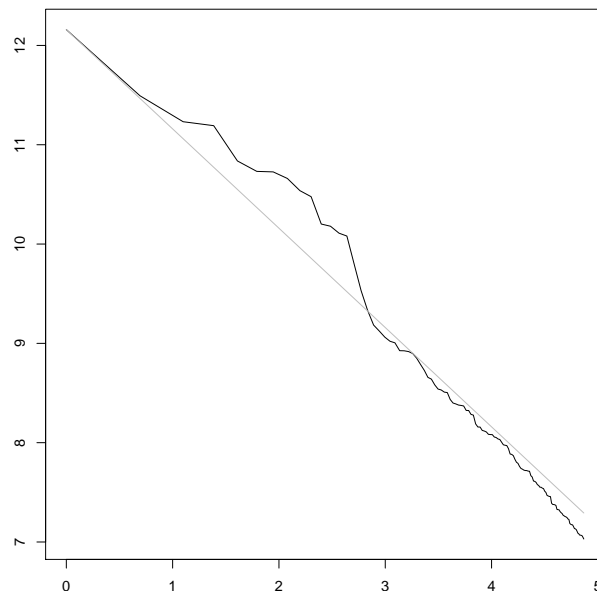


Figura 5.6: Log(Rank size distribution) includendo i siti al di sopra dei $1000 m^2$

L'effettiva convessità della distribuzione è però da verificare ulteriormente prima di essere accettata. Per questo motivo si è deciso di inserire nell'analisi anche tutti i siti la cui superficie sia superiore ai $1000 m^2$. I risultati sono rappresentati in figura 5.6. Risulta evidente come nel grafico nella parte successiva a quella già analizzata, gli ultimi siti immessi si dispongano in maniera parallela alla linea teorica della legge di Zipf. Il modello risultante quindi è più aderente a tale legge rispetto a quello dei soli 15 siti più grandi, l'impressione generata dal grafico è ora radicalmente mutata e la convessità del sistema totale non è più così evidente.

La sola analisi del grafico non è dunque più sufficiente a trarre conclusioni sulla distribuzione. Per questo motivo sono stati introdotti alcuni metodi per poterla valutare anche numericamente.

¹⁹Marzano 2011, pp. 216-7.

²⁰Kehoe 2013, p. 41.

Il primo di questi metodi²¹ è riportato nella tabella 5.2 in cui sono riportate le equazioni di regressione calcolate per entrambi i casi sopra citati.

Siti	Funzione logaritmica	q	R^2
Primi 15 siti	$\log(A) = 12.15715 - 0.78654 \log(r)$	-0.78654	0.9694
Siti sopra i 1000 mq	$\log(A) = 12.70560 - 1.15926 \log(r)$	-1.15926	0.9871

Tabella 5.2: Regressione lineare

Il valore q , il coefficiente angolare della funzione di regressione, rappresenta la pendenza della retta. Nel modello di Zipf, la linea ideale ha q uguale a -1. Valori compresi tra 0 e -1 indicano una retta che tende ad essere più orizzontale di quella teorica e quindi indicherebbero una tendenza dei siti ad avere un calo graduale di dimensioni q inferiore a -1 porta la retta ad essere più inclinata e dunque un calo più rapido delle dimensioni dei siti.

Il valore di R^2 indica il *goodness of fit* ossia la misura in cui il modello di regressione si adatta ai dati osservati. Questo esprime in maniera numerica quanto la linea di regressione riesca ad adattarsi alla distribuzione, nel primo caso l' R^2 è piuttosto alto e di conseguenza la linea di regressione si adatta piuttosto bene a quella registrata, il secondo è ancora più vicino all'uno e dunque la linea di regressione si dovrebbe adattare ancora meglio alla distribuzione dei siti.

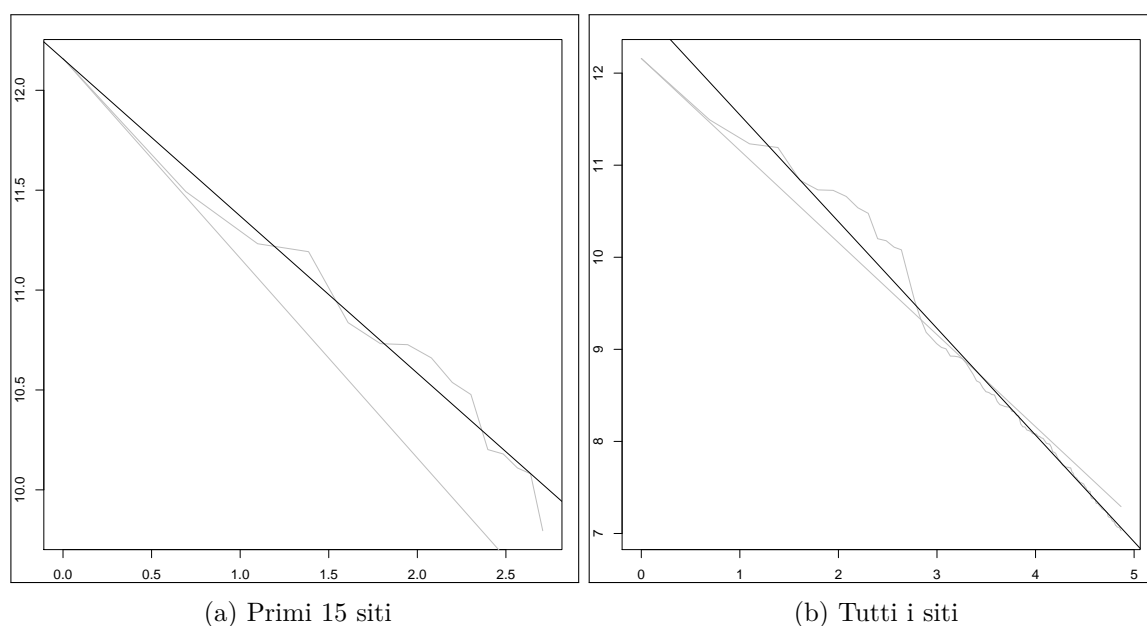


Figura 5.7: Confronto delle linee di regressione (in nero) per i due modelli

²¹Marzano 2011, pp. 209-211.

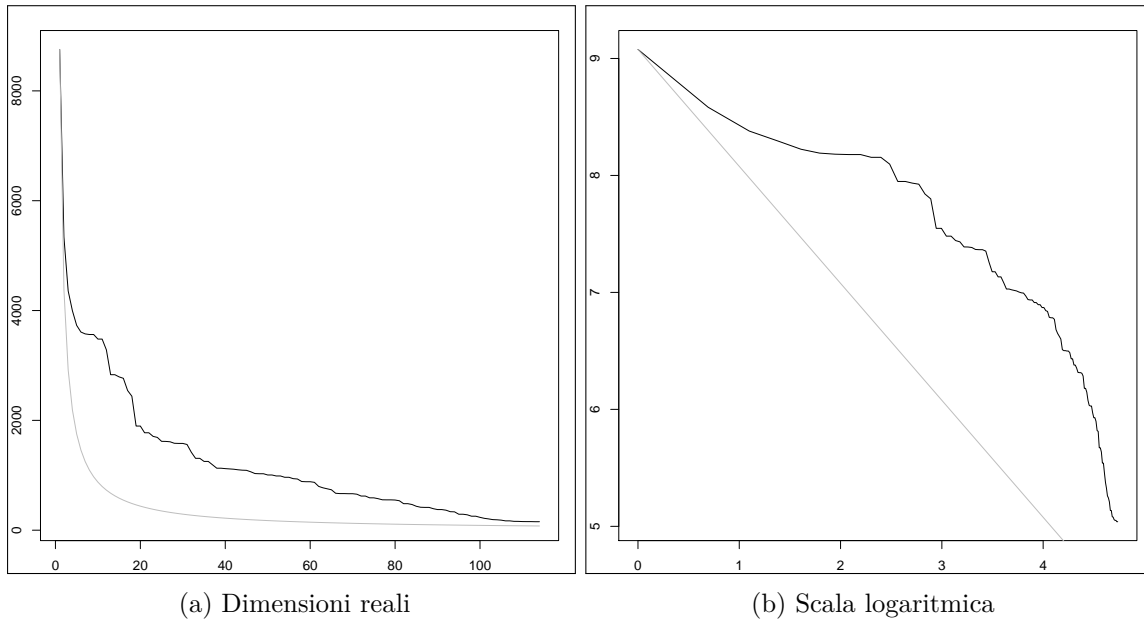


Figura 5.8: Le distribuzioni dei siti nella zona indagata in Algeria (*PNEK Survey*)

In questo caso dunque, considerando solo i primi 15 siti, si trova una retta meno inclinata di quella teorica mentre nel secondo caso la situazione è rovesciata, con una linea più inclinata, influenzata dall'alto numero dei siti non urbani.

È stato osservato che si possa trarre maggior beneficio, soprattutto negli studi di tipo archeologico, dalla comparazione di questi dati tra regioni o differenti periodi storici²², piuttosto che dall'analisi di un singolo caso. In quest'ottica si passa ad analizzare il sistema dei siti rinvenuti in Algeria.

In figura 5.8 si possono osservare i grafici della disposizione dei siti senza trasformazioni (5.8a) e in scala logaritmica (5.8b), in tabella 5.3 si trova invece la funzione di regressione. In questo caso è ancora più evidente la convessità della distribuzione dei siti che non lascia alcun dubbio.

Siti	Funzione logaritmica	q	R^2
Algeria	$\log(A) = 10.16018 - 0.91545 \log(r)$	-0.91545	0.8313

Tabella 5.3: Regressione lineare Algeria

Benché la q sia prossima a -1 e dunque la pendenza sia vicina a quella della legge di Zipf, l' R^2 è molto basso e ciò indica un *fitting* scarso, la retta di regressione è infatti molto differente dalla curva dei siti. L'indice R^2 dà dunque l'indicazione che i siti algerini si comportano ancora più in contrasto con la legge di Zipf rispetto a quelli tunisini, ma non ci dà reali informazioni sulla convessità ma solo sull'impossibilità di trattare la loro disposizione come se fosse lineare.

²²Peterson e Drennan 2004, p. 534.

Per avere questa informazione e per poterla dunque confrontare con le altre analisi è necessario utilizzare un altro indice numerico con cui valutare i gradi di convessità.

Sono state proposte diverse formule²³ per il calcolo di questo indice, in questo caso si utilizzerà quella riportata da Johnson²⁴.

$$RSC = \frac{\sum_I^n (\log P_{obv} - \log P_{rs})}{(\log P_{cmax} - \log P_{rs})} \quad (5.1)$$

Dove:

- RSC = convessità
- n = numero di insediamenti nell'analisi
- P_{obv} = la dimensione osservata dell'insediamento
- P_{rs} = la dimensione attesa secondo la legge di Zipf
- P_{cmax} = la dimensione attesa nel caso di convessità massima (tutti gli insediamenti hanno la stessa dimensione)

In tabella 5.4 sono riportati i valori per ognuna delle tre analisi effettuate.

Tunisia 15 siti	Tunisia siti sopra i 1000 mq	Algeria
0.2122286	-0.01898346	0.372135

Tabella 5.4: Indici di convessità

I valori al di sotto dello 0 indicano una disposizione concava, lo 0 rappresenta quella ideale secondo la legge di Zipf ed infine i valori al di sopra indicano la convessità della disposizione.

Si può osservare chiaramente che la distribuzione dei siti tunisini sia leggermente convessa, se si considerano solo i 15 più estesi, ma è addirittura leggermente concava se vengono presi in considerazione tutti. In questo caso infatti il numero elevato di piccoli siti bilancia il sistema rendendolo più simile ad uno di dimensioni più grandi con poche grandi città e molte più piccole (in questo caso sostituite dai siti rurali).

La situazione in Algeria invece è molto più chiara e mostra un'evidente convessità dovuta alla mancanza di siti urbani²⁵.

Concludendo questa sezione si propone un confronto con lo stesso indice calcolato da Johnson per alcune città americane a partire dalla fine del '700 fino a metà dell'800, l'indice di convessità di *Thugga* e del suo *hinterland* (considerando solo le prime 15 città) è simile a quello di queste città alla fine dell'800²⁶ e dunque, di fatto, si tratta di una convessità piuttosto bassa, indice di un buon grado di integrazione.

²³Peterson e Drennan 2004, p. 535.

²⁴G. A. Johnson 1980, p. 239.

²⁵Infatti è da sottolineare che questo dato sia da prendere solo come confronto in quanto l'area analizzata è mancante di siti a carattere urbano e dunque i soli siti rurali di dimensioni comparabili tendono per forza di cose ad avere una distribuzione fortemente convessa.

²⁶G. A. Johnson 1980, p. 238.

5.1.3 Nearest Neighbours Analysis

L'analisi della distribuzione dei punti nello spazio è stato un problema importante nella ricerca geografica²⁷. Un'analisi dei *patterns* di insediamento non può dunque prescindere dal cimentarvisi. Occorre ricordare che l'interesse della geografia per le caratteristiche distributive va distinto in due aspetti principali. Da una parte si desidera indagare le caratteristiche distributive dell'insediamento umano perché da questo attributo è possibile desumere alcune caratteristiche funzionali della maglia di stanziamento. A seconda di come gli oggetti sono distribuiti in termini spaziali, essi tendono ad interagire in un modo piuttosto che in un altro. Dall'altra parte va ricordato che il geografo è interessato ad identificare indici di dispersione proprio perché questi consentono (come d'altronde qualsiasi forma di misurazione formale e rigorosa) di compiere confronti tra contesti regionali diversi²⁸.

Ogni distribuzione di punti è il risultato di un certo processo spaziale ad un dato momento in un dato luogo. Le distribuzioni di punti, in questo caso dei siti archeologici, nel paesaggio può assumere diverse forme. Una forma aggregata, anche detta clusterizzata, una forma dispersa in maniera regolare od infine una distribuzione completamente casuale dalla quale non si può estrapolare nessun *pattern* specifico.

Uno dei principali problemi nell'analisi del vicino prossimo è l'effetto che la dimensione dell'area di studio ha sulla possibilità di trovare i *patterns*. Come si può vedere in figura 5.9, il modificare la scala dell'analisi ha una grande influenza nell'identificare il comportamento della distribuzione dei punti²⁹. La descrizione di Bevan e Conolly chiarisce in che modo ciò avviene. Nell'area A1 la distribuzione è omogenea con una struttura clusterizzata, una distribuzione dei vicini più prossimi sarebbe distribuita normalmente. A scale più piccole, A2, invece si nota un *pattern* non omogeneo con densità differenti da destra a sinistra. A3 è simile ad A2 ma con una densità molto minore. A4 mostra una distribuzione omogenea, ad alta densità ed inoltre molto regolare³⁰.

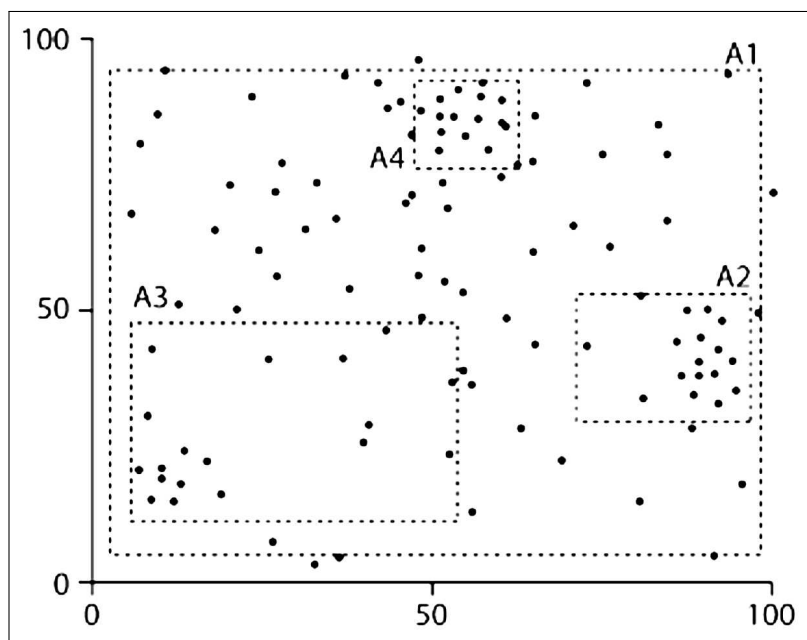


Figura 5.9: Differenze di scala (da Bevan e Conolly 2006, p. 220, fig. 14-2)

²⁷Fotheringham e Zhan 1996, p. 200.

²⁸Macchi Jánica 2009, p. 213.

²⁹Bevan e Conolly 2006, p. 220.

³⁰Bevan e Conolly 2006, p. 220.

Per cercare di comprendere a quale di queste tre distribuzioni possibili assomigli il dataset dei siti archeologici di interesse sono state proposte numerose tecniche di analisi. La prima, che in un certo senso è la più semplice, è quella definita nel 1954 da Clark ed Evans³¹. Benché essa sia, come si vedrà in seguito, problematica sotto certi aspetti, resta tuttavia una delle principali tecniche utilizzate per questo genere di studi³², soprattutto perché è semplice da calcolare e da interpretare³³. Essa consiste nel calcolare un valore R dato da queste formule:

$$r_{obs} = \frac{\sum d_i}{n} \quad (5.2)$$

$$r_{exp} = \frac{1}{2\sqrt{\frac{n}{A}}} \quad (5.3)$$

$$R = \frac{r_{obs}}{r_{exp}} \quad (5.4)$$

Dove d_i è la distanza del vicino più prossimo, n è il numero di siti, dunque r_{obs} rappresenta la media delle distanze e A è l'area analizzata.

Se il valore di R è minore di 1 significa che la media della distanza dei vicini prossimi è minore di quella di una distribuzione casuale e dunque rappresenta un pattern clusterizzato. Al contrario, un valore maggiore di 1 sta a significare che la distanza media registrata è maggiore di quella attesa e dunque ci si trova di fronte ad una distribuzione di tipo regolare. Un valore di 1 indica due valori uguali per la distanza media osservata e quella attesa e dunque una distribuzione che corrisponde a quella di un *pattern* casuale.

Un semplice test di significatività per la deviazione della casualità consiste nella seguente equazione³⁴:

$$Z = \frac{r_{obs} - r_{exp}}{S_r} \quad (5.5)$$

Dove S_r equivale a:

$$S_r = \frac{0.26136}{\sqrt{\frac{n}{A}}} \quad (5.6)$$

I valori uguali o maggiori di 1.96 indicano una certa uniformità mentre quelli minori o inferiori di -1.96 indicano una tendenza alla clusterizzazione.

L'edge effect Un fattore da considerare è quello dell'*edge effect*, infatti i punti disposti nelle vicinanze del bordo dell'area di studio tenderanno ad avere il loro vicino prossimo ad una distanza maggiore di quella reale, in quanto il loro vicino più prossimo potrebbe trovarsi al di fuori dell'area di studio, causando dunque un possibile errore nel risultato dell'analisi. Questo è un problema generale, conosciuto appunto come *edge effect*, che affligge numerosi metodi dell'analisi spaziale³⁵. In particolare, minore sarà il numero di siti, maggiore sarà l'influenza di questo effetto sui valori risultanti dei test³⁶. Per risolvere questo problema sono state proposte diverse alternative, quella utilizzata in questo lavoro è chiamata "cdf" ed è presente nella funzione *clarkevans.test* del pacchetto *spatstat* di R³⁷.

³¹Clark e Evans 1954.

³²Due esempi recenti sono Niknami, Amirkhiz e Jalali 2009; Gherdevich 2009

³³Conolly e Lake 2006, p. 164.

³⁴Krebs 2014.

³⁵Goreaud e Pélissier 2000, p. 8.

³⁶Pinder, Shimada e Gregory 1979, p. 431.

³⁷<http://www.inside-r.org/node/95385>

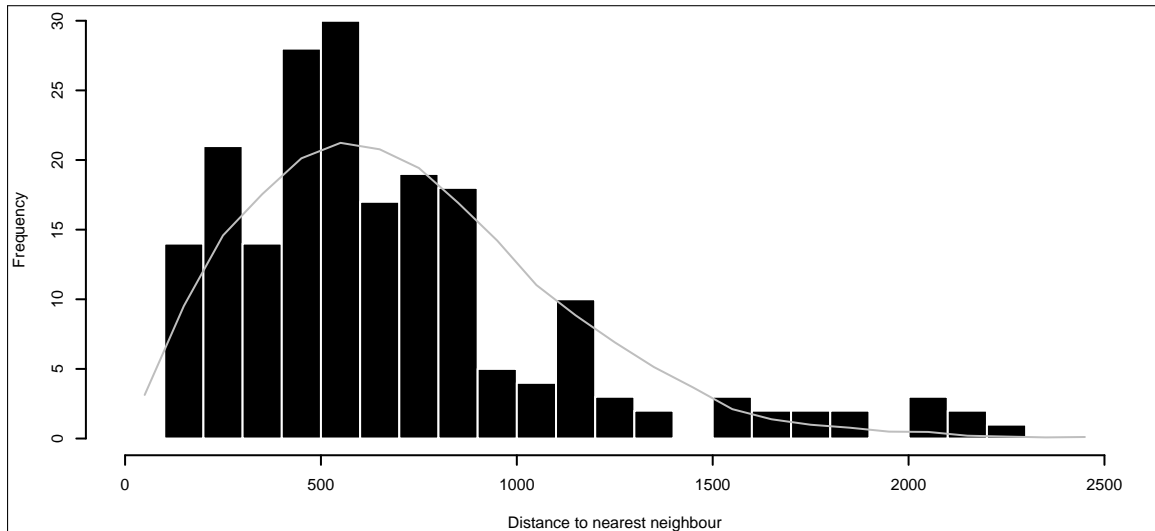
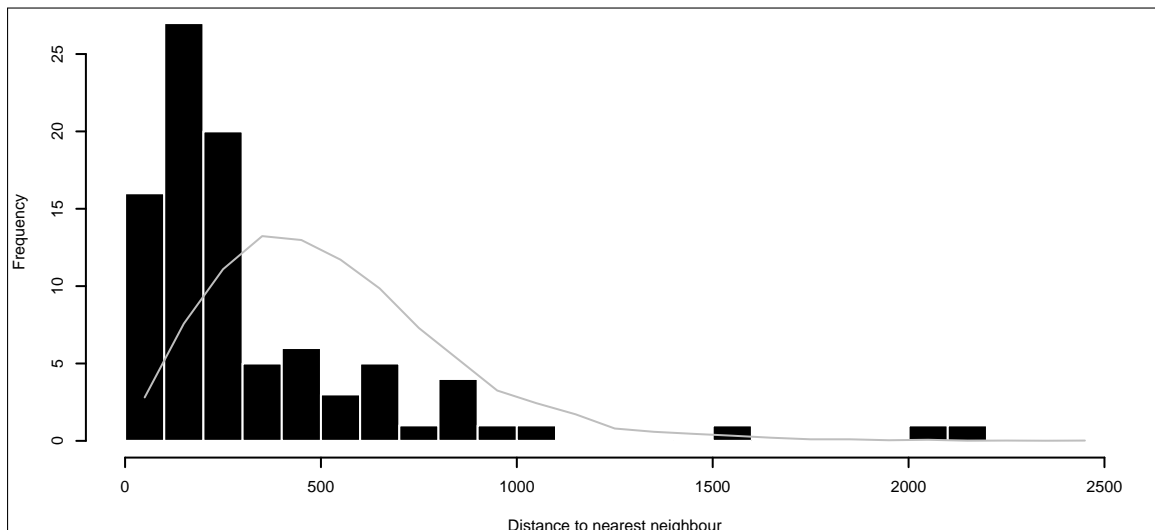
(a) Istogramma vicini prossimi Tunisia (*Thugga Survey*)(b) Istogramma vicini prossimi Algeria (*PNEK Survey*)

Figura 5.10: Istogrammi dei vicini più prossimi

Il primo passaggio è stato quello di visualizzare, su un istogramma (fig. 5.10) con barre ogni 100 metri, la frequenza delle distanze dei vicini più prossimi per entrambe le zone di studio. A questi istogrammi viene sovrapposta una linea che indica la distribuzione attesa ricavata attraverso una simulazione Monte Carlo, una media di 1000 iterazioni per un numero di punti corrispondente a quello dei siti. Osservando questi grafici si notano due disposizioni decisamente differenti. I siti rinvenuti in Algeria si dispongono in maniera molto lontana da quella casuale in quasi tutte le fasce. In particolar modo sono sovra-rappresentate le prime tre fasce 0-100, 100-200 e 200-300 mentre sono sotto-rappresentate tutte le altre. Per quanto riguarda la zona tunisina invece la disposizione delle barre è più simile a quella della linea di punti casuali con eccezioni rilevanti solo le fasce 400-500 e 500-600 sovra-rappresentate e 900-1000 e 1000-1100 sotto-rappresentate.

Zona	R	Z	R corretto	<i>p-value</i>
Tunisia	0.9908452	-0.2323279	0.9115	0.03273
Algeria	0.6893821	-5.699264	0.5392	0.00..1

Tabella 5.5: Risultati del test di Clark e Evans

Nella tabella 5.5 sono riportati invece i risultati del test di Clark e Evans. Per quanto riguarda i siti del *Thugga Survey* l'R risultante è di 0.99 e dunque prossimo all'1 che indicherebbe una distribuzione completamente casuale. Andando però ad applicare la correzione "cdf" il risultato varia e la disposizione risulterebbe essere leggermente aggregata con un *p-value* significativo e dunque da tenere in considerazione.

I siti del Parco nazionale di *El Kala* al contrario restituiscono un valore di R di 0.69 e di Z di -5.70, già al primo test senza la correzione che una volta effettuata restituisce un risultato ancora più basso, 0.54, con un *p-value* prossimo allo 0, la disposizione di questi siti risulta essere dunque fortemente clusterizzata.

Focalizzarsi sul vicino più prossimo può far perdere di vista alcuni *patterns* spaziali più complessi e multi-scala. In figura 5.11 è evidente come vi siano 3 livelli di clusterizzazione, il primo a scala più piccola comprende i gruppi A, B e C. Il secondo a scala intermedia comprende i gruppi da 1 a 8 ed infine il terzo da I a X. Non tutte le analisi sono in grado di identificare questi differenti livelli di raggruppamento. Un'analisi classica sarebbe in grado di identificare la presenza di *clusters* e l'analisi *K-means* (vedi sez. 5.1.4) indicherebbe che sono 8, ma entrambe non sarebbero in grado di identificare gli altri due livelli di raggruppamento³⁸. Per fare questo serve un altro tipo di analisi che verrà dunque utilizzata nella prossima sezione.

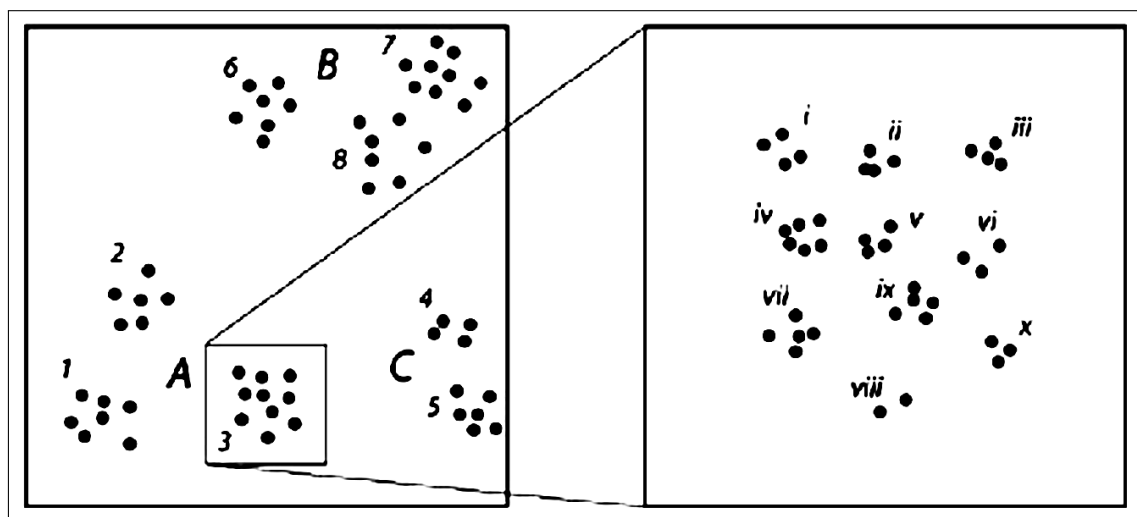


Figura 5.11: Differenze di scala (da Conolly e Lake 2006, p. 166, fig. 8.8)

³⁸Bevan e Conolly 2006, p. 220.

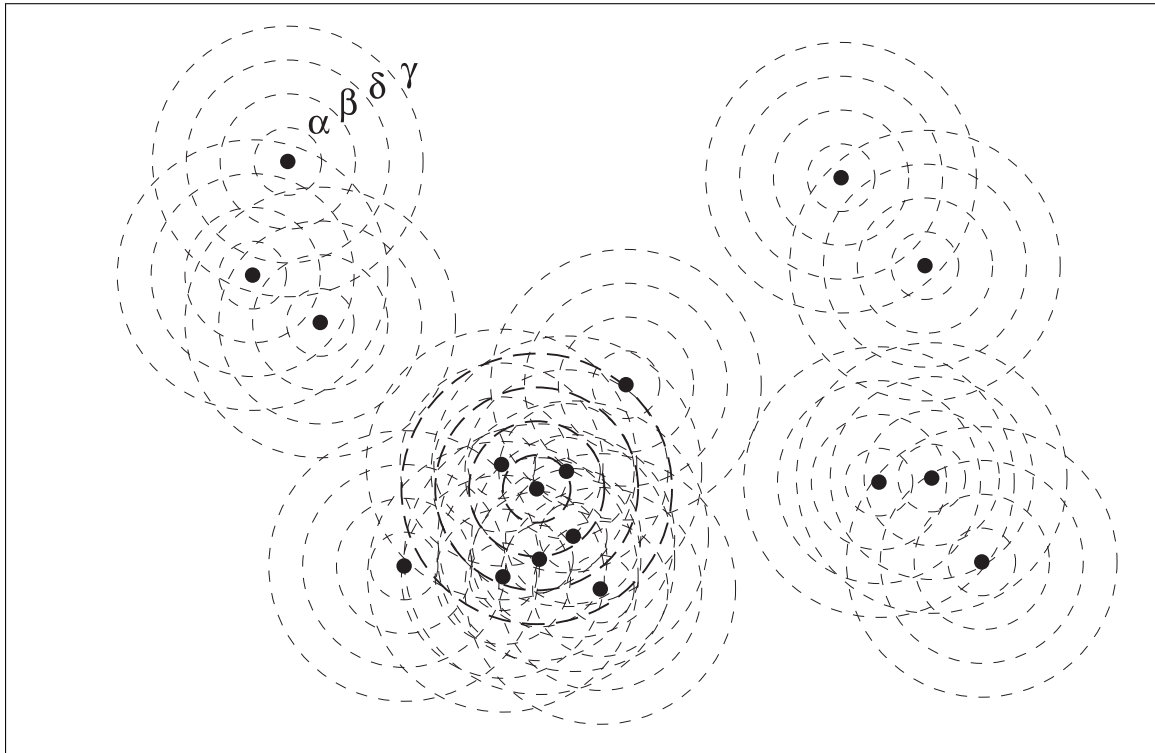


Figura 5.12: Schema del funzionamento funzione K (da Macchi Jánica 2009 fig. 6.17)

La funzione K di Ripley

Per risolvere questi problemi di scala si può utilizzare un altro tipo di analisi, la funzione K di Ripley³⁹. Questa tecnica è stata pensata per identificare l'aggregazione o la dispersione dei punti a scale spaziali differenti, quindi la forma dell'area studiata ha poco effetto sul riconoscimento dei *patterns*⁴⁰. La *K-function* messa a punto da Ripley ha dunque il pregio di consentire un'analisi spaziale considerando contemporaneamente tutte le distanze tra i punti-evento.

Il processo di applicazione della funzione K prevede la misurazione reiterata dei valori di frequenza partendo dalle immediate vicinanze, con identificazione dei vicini ad intervalli (raggi) sempre maggiori. Per comprendere meglio il metodo si può osservare la figura 5.12. In questa si può notare una serie di cerchi concentrici a partire da ogni punto della maglia sotto esame. Il metodo consiste nel misurare su più distanze la densità osservata. Perciò quale sia la densità dei punti registrata alla distanza (α) o a quella (β) e così via fino a qualsiasi misura a seconda dell'estensione del territorio analizzato⁴¹. Per favorire il confronto tra valori osservati e valori attesi, si procede alla linearizzazione della funzione ed ad un'ulteriore trasformazione per rendere i valori attesi uguali a 0, grazie alla seguente formula⁴²:

$$L_r = \sqrt{\frac{K(r)}{\pi}} - r \quad (5.7)$$

³⁹Ripley 1977.

⁴⁰Conolly e Lake 2006, p. 166.

⁴¹Macchi Jánica 2009, pp. 239-40.

⁴²Conolly e Lake 2006, dopo la trasformazione in orizzontale prende talvolta il nome di H_r , Kiskowski, Hancock e Kenworthy 2009, p. 1095.

Confidence interval Per testare l'ipotesi nulla di una disposizione di Poisson sui dati reali è necessario tenere in conto una certa incertezza. Per questo motivo si utilizza il metodo di Monte Carlo. Il processo consiste nel simulare un alto numero di distribuzioni di punti casuali, definite di Poisson oppure CSR (*complete spatial randomness*), all'interno dell'area di studio con lo stesso numero di punti. Per ognuna di queste simulazioni vengono calcolate gli estimatori ad ogni distanza r . Un valore di L_r al di fuori di questi limiti viene considerato una deviazione significativa dalla CSR⁴³. Anche questi intervalli saranno calcolati tramite una funzione (*envelope*) presente in R nel pacchetto *spatstat*. Per quanto riguarda invece la correzione dell'*edge effect*, in questo lavoro si è utilizzato il *Ripley's isotropic correction*⁴⁴, presente all'interno della funzione *Kest* dello stesso pacchetto di R.

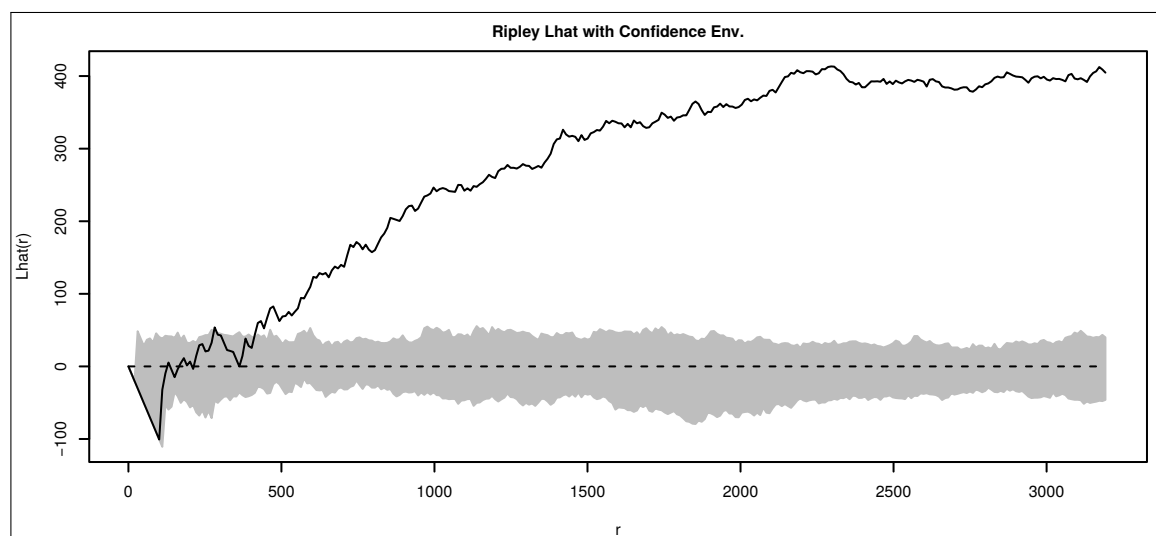
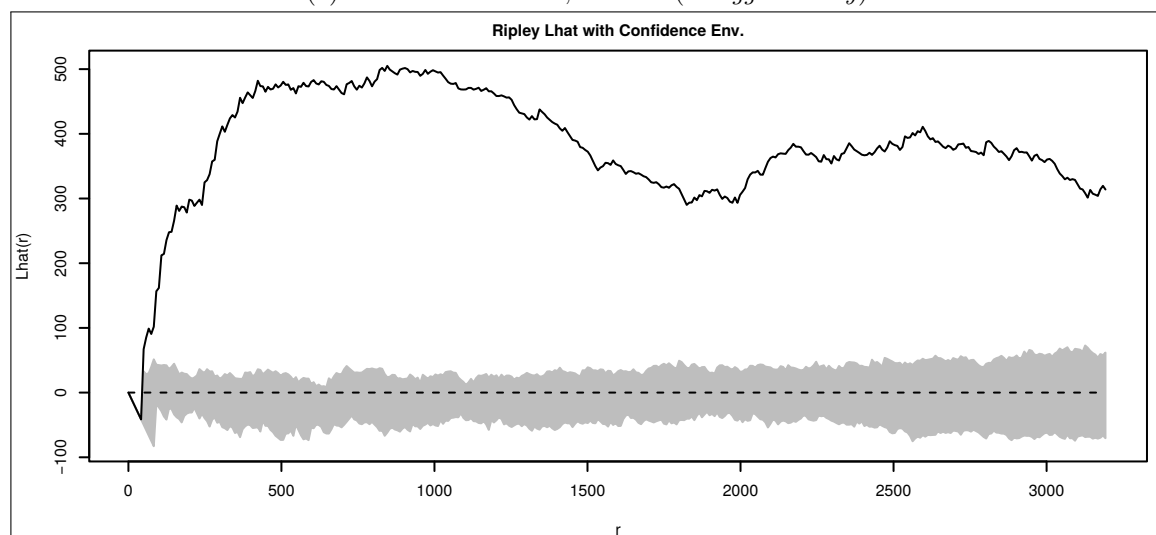
(a) Grafico funzione L, Tunisia (*Thugga Survey*)(b) Grafico funzione L, Algeria (*PNEK Survey*)

Figura 5.13: Confronto dei grafici delle funzioni L

Analizzando i grafici della funzione H_r per i siti tunisini in figura 5.13a si può osservare come l'insediamento rientri in una disposizione casuale fino ad un r di 500 m, per poi

⁴³Pélissier e Goreaud 2001, p. 102.

⁴⁴Ripley 1988.

assumere una forma sempre più clusterizzata oltre questo limite. Questo si può interpretare nel modo seguente, l'insediamento tende a disporsi in maniera casuale a brevi distanze, non si tratta dunque di un insediamento prettamente sparso con distanze regolari tra un edificio e l'altro ma vi è anche la possibilità di siti anche molto vicini tra loro, che talvolta potrebbero appartenere allo stesso proprietario o famiglia. Sulle distanze più elevate invece si trovano clusterizzazioni, interpretabili probabilmente in un'ottica di colonizzazione delle macro-zone più adatte alla coltivazione dell'olivo, o in generale zone che offrono maggiori risorse.

In Algeria al contrario i siti tendono immediatamente ad aggregarsi con una curva molto ripida che esce dai confini della CSR già dopo un r di 100 metri. Si ha dunque un insediamento clusterizzato in tutti i livelli.

5.1.4 Cluster Analysis

Il passo successivo alla constatazione dell'esistenza di *clusters* è naturalmente la loro individuazione. Come per i tipi di analisi descritte prima anche in questa vi sono differenti tecniche utilizzabili. I due più comuni sono il metodo Ward e la *K-means*. I due hanno un approccio in un certo senso opposto e per questo risulta spesso utile utilizzarli entrambi e confrontarne i risultati. Il primo è una *hierarchical cluster analysis* mentre il secondo è una tecnica di *partitioning clustering*. La prima raggruppa oggetti simili mentre la seconda divide un gruppo di oggetti in un numero predefinito di *clusters*⁴⁵.

Il primo passaggio per individuare i *clusters* basandosi sulle distanze reciproche dei siti è quella di creare una matrice che contenga tutte le distanze di ogni sito rispetto a tutti gli altri. In questo modo il *software* potrà raggruppare i siti in gruppi.

Il metodo Ward cerca di massimizzare l'omogeneità dei *clusters* in modo che l'ESS (*error sum of squares*), ossia la somma delle distanze al quadrato di tutti i punti, diverga il meno possibile dalla media del gruppo al quale appartengono⁴⁶. Il vantaggio di questo metodo è evidentemente quello di riuscire ad analizzare la disposizione a tutte le scale, iniziando da moltissimi piccoli gruppi di punti più vicini tra loro, fino ad arrivare ad un unico gruppo comprendente tutti i siti. Il risultato sarà dunque un dendrogramma (figure 5.15b e 5.18b) che mostra la successione delle aggregazioni, con le distanze alle quali esse avvengono, fino al raggruppamento di tutti i siti in un unico *cluster*. È evidente dunque che quando il numero di siti analizzato è elevato, attorno o sopra le 100 unità, il dendrogramma prodotto dalla *hierarchical cluster analysis* diventa di difficile interpretazione⁴⁷.

Uno dei modi per determinare il numero di gruppi ottimale è quello di esaminare il tasso di decrescita della somma delle distanze al quadrato in relazione all'aumento del numero di gruppi. All'aumentare del secondo il primo diminuisce e tende allo zero. Il tasso di decrescita è di solito esponenziale ma generalmente si arriva ad un punto in cui l'aumentare del numero di *clusters* non fa diminuire drasticamente la somma delle distanze. Questo punto (fig. 5.15a) indica quindi il numero ideale di gruppi⁴⁸.

Algeria La prima zona su cui si andranno ad applicare queste due tecniche, sarà la zona algerina in quanto i risultati prodotti sono molto più facilmente interpretabili. In figura 5.15a si può notare come il numero di cluster ottimali individuati è senza dubbio 3. Questi coincidono con una grande area a nord comprendente CS e OT, una seconda area che include OJ e una terza include OH e EA (figura 5.14). L'algoritmo di Ward, considerando tre gruppi coincide quasi perfettamente con quelli individuati dal *K-means* mentre se si aumenta il

⁴⁵Conolly e Lake 2006, p. 171.

⁴⁶Conolly e Lake 2006, p. 169.

⁴⁷Conolly e Lake 2006, p. 170.

⁴⁸Conolly e Lake 2006, p. 171.

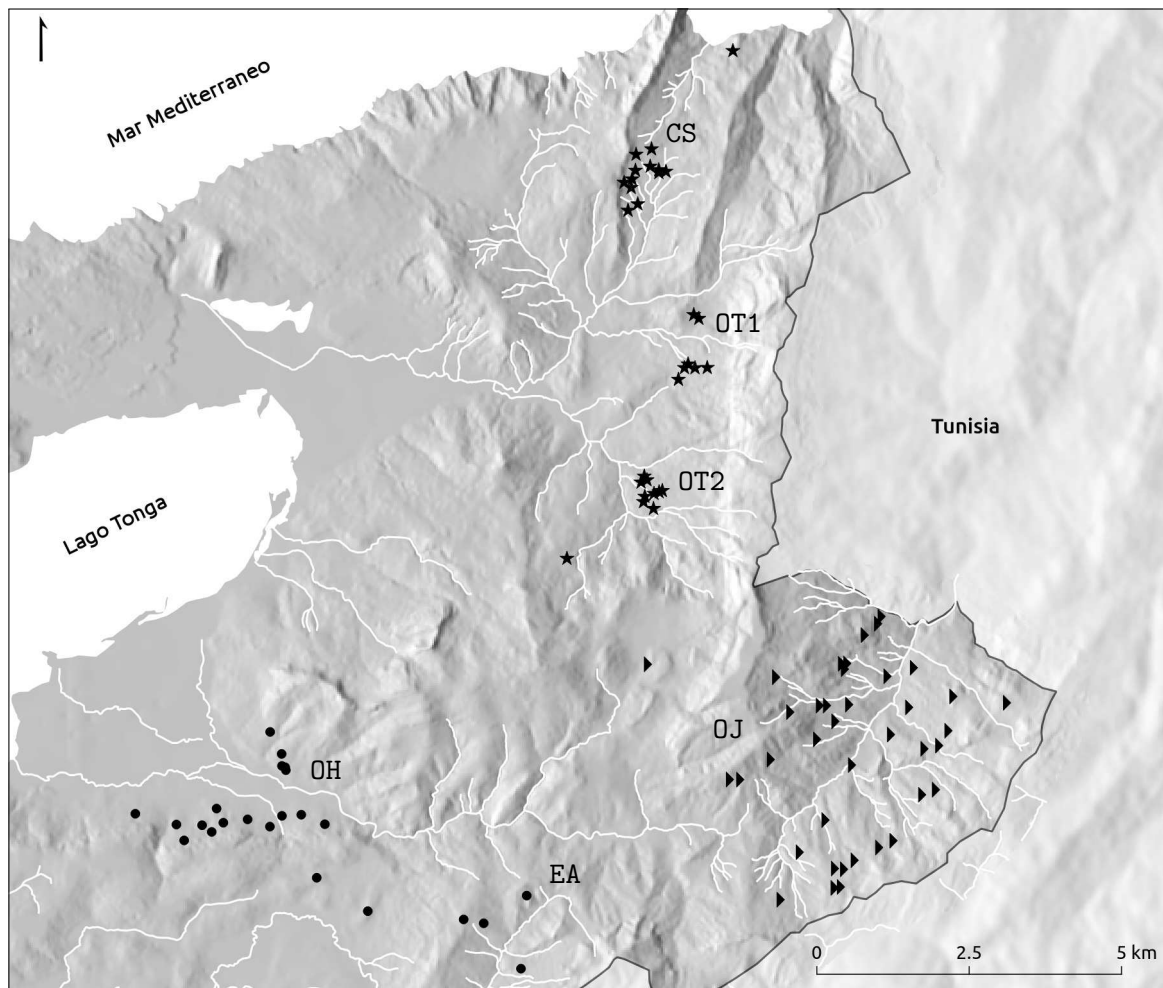
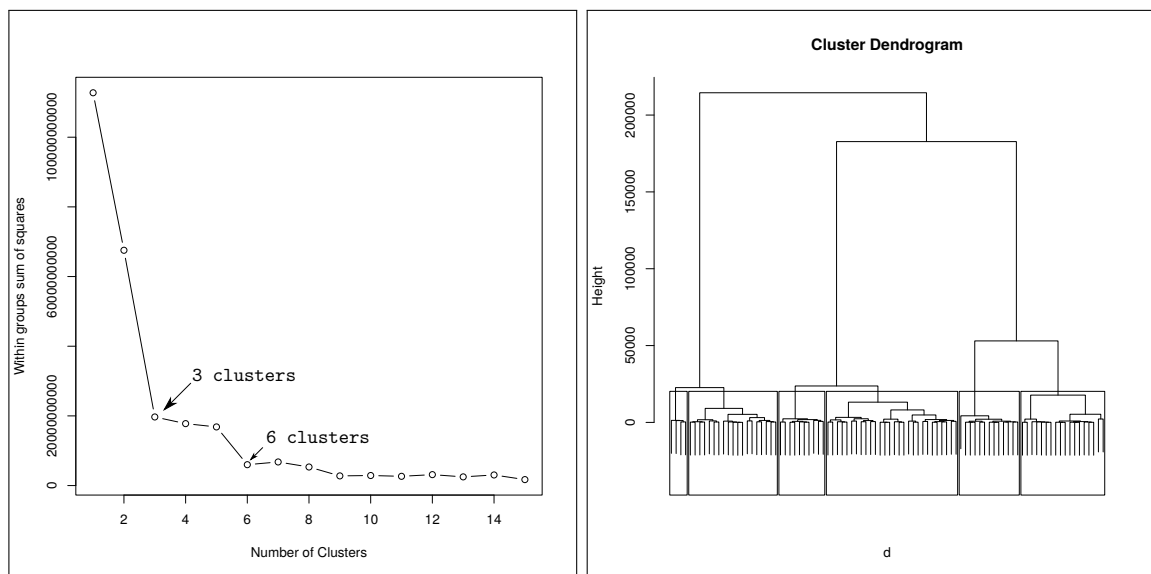


Figura 5.14: I tre gruppi individuati dalla analisi *K-means* in Algeria (*PNEK Survey*)



(a) Individuazione *clusters* nel *PNEK Survey*

(b) Dendrogramma siti *PNEK Survey*

Figura 5.15: *Clusters* individuati per il *PNEK Survey*

numero a 6 esso identifica perfettamente i gruppi, da nord a sud e da est a ovest di CS, OT1, OT2, OH, EA, OJ. Il secondo livello di clusterizzazione è individuato in parte anche dalla somma dei quadrati come si può vedere in figura 5.15a indicato dalla freccia più piccola.

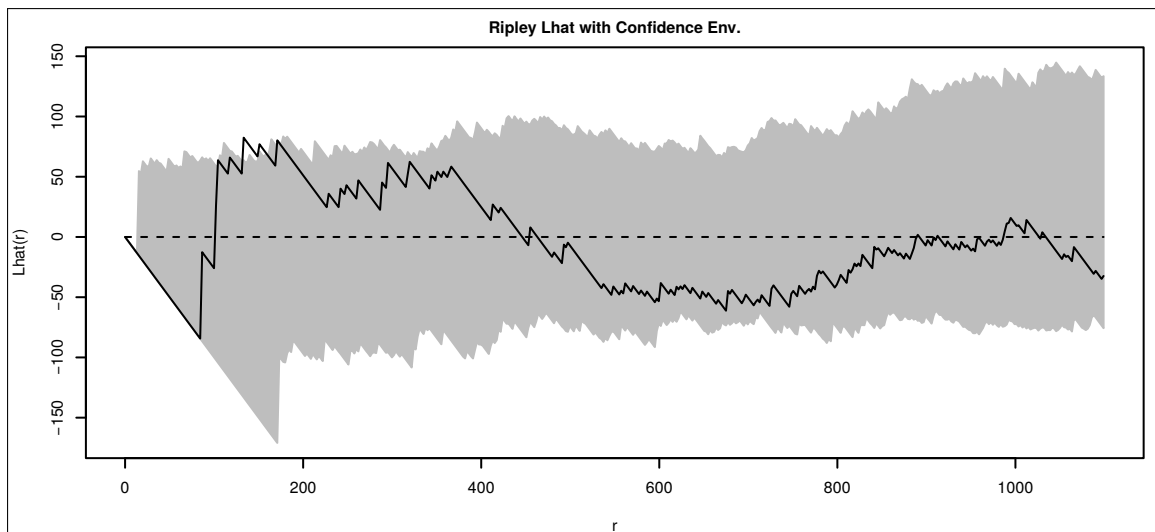
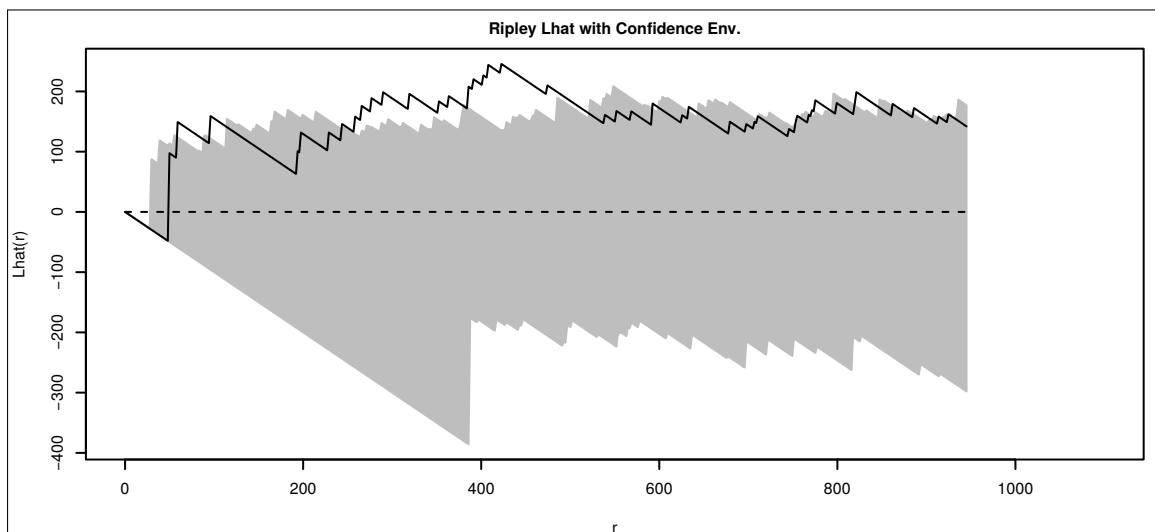
(a) Grafico funzione L, OJ *PNEK Survey*(b) Grafico funzione L, OH *PNEK Survey*

Figura 5.16: Confronto dei grafici delle funzioni L, OJ (a) e OH (b)

Si possono ora analizzare le due sotto-zone OJ e OH, ossia le due che comprendono il numero più alto di siti e che non sono evidentemente clusterizzate come le tre zone più a nord. Come si può vedere in figura 5.16 i due casi hanno un comportamento simile per la prima parte, con una tendenza, benché molto limitata, alla clusterizzazione attorno ad un valore di r di 100-200 m per entrambe le zone. La zona di OJ resta poi all'interno dei limiti della CSR fino ad un valore di 1000 m circa, dopo il quale torna un comportamento raggruppato, in questo caso da mettere in relazione con la tendenza ad evitare le quote più alte e al disporsi dei siti tra il fondovalle e l'inizio delle pendenze più elevate. Il comportamento dei siti di OH invece è differente, con una evidente tendenza a raggrupparsi per un r di 400 m. Ciò può essere interpretato come dovuto alla tendenza ad una disposizione simile a quella di OJ ma in un ambiente differente, una valle di dimensioni più piccole e la contemporanea necessità

di evitare il fondovalle che risulta essere piuttosto paludoso, dunque insalubre e difficilmente percorribile.

Zona	R	Z	R corretto	<i>p-value</i>
OJ	1.2140640	2.5242587	1.3838	0.0001
OH	0.7263966	-2.093532	0.5980	0.0050

Tabella 5.6: Risultati del test di Clark e Evans

I risultati del test di Clark e Evans portano invece risultati più chiari con *Oued Jenane* che mostra una chiara tendenza ad un insediamento di tipo regolare mentre per quanto riguarda la zona di *Oued el Hout* si delinea in maniera altrettanto accentuata un insediamento di tipo clusterizzato. Il test di Clark e Evans in questo caso rivela più chiaramente i risultati che si erano solamente intravisti nella funzione L.

Concludendo l'analisi di questi due gruppi è però necessario sottolineare come nella loro interpretazione debba essere tenuto in conto il fatto che il numero di siti non è elevato e dunque un fattore come l'estensione delle aree considerate nell'applicare le analisi (quelle riportate in figura 3.1 e 5.30) ha la possibilità di influenzarne anche notevolmente i risultati.

Tunisia I risultati della *cluster analysis* per il territorio tunisino sono visibili in figura 5.17 e 5.18. In questo caso i *clusters* individuati dalla somma dei quadrati sono sei (figg. 5.18a e 5.17). È evidente come anche in questo caso essi coincidano nella maggior parte dei casi con delle zone geograficamente omogenee, il bacino idrografico dell'*oued Harmousha*, quello dell'*oued Arkou*, la zona collinare di *Thugga*, la zona di *Djebel Alia*, la pianura di *oued Khaled* e la zona a sud di *Thignica*. Soprattutto quest'ultima è quella che risulta il gruppo più disomogeneo ma anche l'applicazione del metodo di aggregazione Ward non genera risultati molto differenti, modificando solamente l'appartenenza dei siti che si dispongono lungo i confini dei gruppi già identificati.

Come nel caso precedente anche in questo contesto l'applicazione della funzione di L sui cluster così identificati genera risultati contrastanti e non facilmente interpretabili, in aggiunta in questo caso i confini dei cluster individuati dai due diversi tipi di analisi non sono totalmente coerenti, per questo motivo si ometterà di riportarne e discuterne i risultati.

Conclusioni Nelle analisi del vicino più prossimo e di raggruppamento, si intravedono scelte insediative piuttosto differenti. Tra i siti rinvenuti in Algeria si possono identificare chiaramente tre insiemi che si dispongono in maniera decisamente raggruppata, un altro gruppo anch'esso tendenzialmente clusterizzato anche se con minore intensità ed infine uno a disposizione quasi regolare. Tra i siti del territorio di *Thugga* la divisione in gruppi omogenei è meno chiara e benché questi siano, almeno a grandi linee, corrispondenti ad entità geografiche separate, confermando così le indicazioni che aveva dato la funzione k, analisi ad una scala più grande non forniscono risultati significativi. Si può comunque concludere che i siti dotati di pressa non si dispongono mai in maniera completamente casuale nel territorio, ma tendono a disporsi in zone particolari anche a costo di ritrovarsi molto vicini l'uno all'altro.

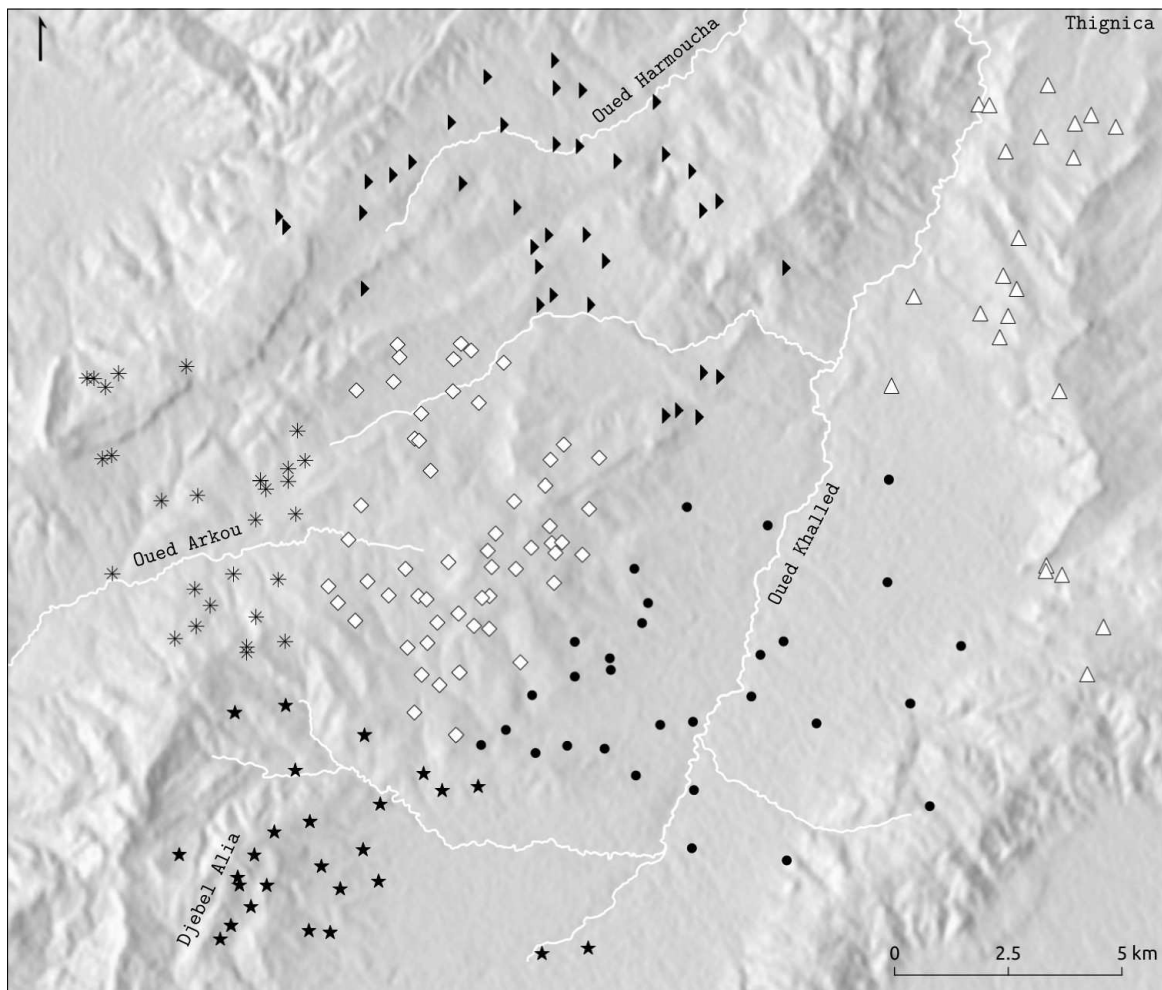
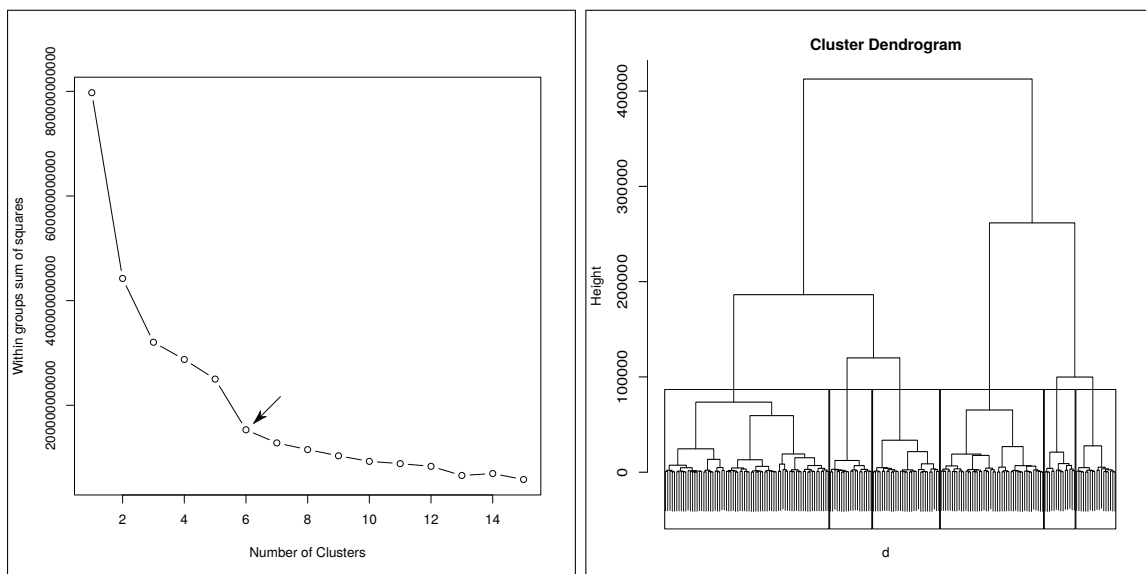


Figura 5.17: I sei gruppi individuati dalla analisi *K-means* nel territorio del *Thugga Survey*



(a) Identificazione *clusters* per il *Thugga Survey*

(b) Dendrogramma siti *Thugga Survey*

Figura 5.18: *Clusters* individuati per il *Thugga Survey*

5.2 Relazioni sito-paesaggio

5.2.1 Tipologie di variabili

Le variabili possono essere divise in due gruppi principali: quelle di tipo ambientale e quelle di tipo culturale, queste a loro volta sono da suddividere in due tipologie, continue e categoriali le prime sono caratterizzate da misure (altezza, pendenza, esposizione) le seconde da categorie (geologia, suolo etc.).

Due tipologie che richiedono perciò due test differenti, entrambi non parametrici, per quanto riguarda le prime si utilizzerà quindi il KST (4.2.5) mentre per le seconde il test del χ^2 (4.2.5).

Si può ed è stato spesso utilizzata la pratica di ridurre le variabili continue a categoriali, questa porta ad un più semplice utilizzo ma può eliminare informazioni critiche riducendo quindi la forza delle analisi successive⁴⁹. D'altra parte però questa pratica può essere indispensabile nel dare un'interpretazione più corretta della relazione tra i siti e le caratteristiche del paesaggio come si vedrà più avanti (Par. 5.4.2). Anche per le variabili continue si analizzeranno quindi le tabelle⁵⁰ del χ^2 create riclassificando le variabili continue in base a *range* di uguale ampiezza, in modo da ottenere una descrizione dei dati più completa. Queste saranno confrontate con quelle corrispondenti per i siti nei quali non sono presenti elementi di pressa per sottolineare eventuali diversità⁵¹.

Le nove variabili ambientali considerate saranno⁵²:

- Altitudine
- Pendenza
- Indice topografico
- Curvatura del profilo
- Distanza dai corsi d'acqua
- Distanza dalle sorgenti
- Elementi morfometrici
- Geologia
- Esposizione.

Le uniche due variabili culturali considerate, entrambe continue, saranno:

- Distanza dalle città
- Distanza dalle strade

5.2.2 Variabili ambientali

Si analizzeranno per primi i rapporti tra i siti e le caratteristiche fisiche del territorio. Prima quelle di tipo continuo ed in seguito quelle categoriali.

⁴⁹Kvamme 1988, p. 333.

⁵⁰La riga Totale di tutte le tabelle del χ^2 riportate in questa sezione può non rappresentare la corretta somma delle righe precedenti in quanto queste ultime sono state approssimate per motivi di presentazione. Il calcolo è stato invece effettuato sui valori non approssimati ed è quindi corretto.

⁵¹Tra questi saranno esclusi i siti di infrastrutture come l'acquedotto di *Thugga* o gli altri piccoli acquedotti privati o delle strade, in quanto sicuramente non abitativi e quindi sensibili a variabili differenti.

⁵²Le ultime tre sono variabili categoriali mentre le altre sono continue.

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$		O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
100:250	1.88	3	3.3	0.03		2.00	6.71	3.31
250:400	30.97	28	54.5	12.90		101.00	110.58	0.83
400:550	36.83	72	64.8	0.79		108.00	131.50	4.20
550:700	23.61	61	41.5	9.11		121.00	84.27	16.00
700:850	6.25	12	11.0	0.09		25.00	22.31	0.33
850:1000	0.46	0	0.8	0.81		0.00	1.64	1.64
Totale	100.00	176	176.0	23.72		357.00	357.00	26.30

(a)

(b)

Tabella 5.7: Altitudine di oleifici (a) e altri siti (b), *Thugga Survey*

Variabili ambientali continue

Altitudine L'altitudine della zona indagata in Tunisia varia da 175 a 963 metri s.l.m.

Sembra quindi essere piuttosto evidente che non si raggiungono altitudini realmente in grado di pregiudicare la possibilità di insediamento di per sé. Ma altri fattori legati indirettamente a questo, come la probabile minore accessibilità o la minore disponibilità d'acqua delle alte quote possono invece aver influenzato la scelta insediativa. Il risultato dei test effettuati è:

KST p-value: 0

Siti con pressa: X-squared: 23.72, df: 5, p-value: 0.000245

Siti senza pressa: X-squared: 26.3, df: 5, p-value: 0.000078

L'approssimarsi allo zero dei risultati di questi test è riscontrato anche nella visualizzazione dell'ogiva in figura 5.19 si può osservare dunque come questo parametro sia da considerarsi significativo nell'influenzare la disposizione dei siti.

Analizzando ora la tabella 5.7 si può notare come i siti con pressa tendono ad essere meno presenti di quanto ci si attenderebbe alle basse quote (250:400) mentre a quote più alte (550:700) essi sono sovra-rappresentati. Un *pattern* che si riscontra solo parzialmente negli altri siti, infatti nelle basse e medie quote essi si discostano solo di poco dai risultati attesi mentre nella quarta riga essi fanno osservare un risultato simile a quello dei siti con pressa con una rilevante sovra-rappresentazione. Si può quindi concludere che la discriminante dell'altitudine è significativa sia per quanto riguarda il test di KST sia per quanto riguarda quello del X^2 e dovrà dunque essere tenuta in considerazione nei passaggi successivi. Risulta tanto più interessante in quanto è evidente anche una differente scelta insediativa tra i siti a carattere produttivo e gli altri siti.

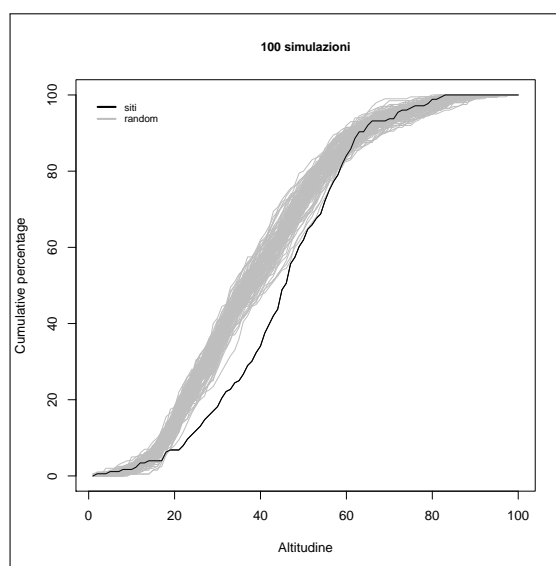


Figura 5.19: Ogiva Altitudine

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$		O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:5	33.66	80	59.2	7.27		125.00	120.18	0.19
5:10	38.84	81	68.4	2.34		156.00	138.66	2.17
10:15	17.69	15	31.1	8.37		64.00	63.16	0.01
15:20	6.50	0	11.4	11.44		7.00	23.20	11.31
20:25	2.22	0	3.9	3.91		5.00	7.94	1.09
25:30	0.77	0	1.4	1.36		0.00	2.76	2.76
30:35	0.22	0	0.4	0.38		0.00	0.77	0.77
35:40	0.07	0	0.1	0.12		0.00	0.25	0.25
40:45	0.02	0	0.0	0.04		0.00	0.09	0.09
45:50	0.00	0	0.0	0.00		0.00	0.01	0.01
Totale	100.00	176	176.0	35.22		357.00	357.00	18.63

(a)

(b)

Tabella 5.8: Pendenza e oleifici (a) e altri siti (b), *Thugga Survey*

Pendenza La pendenza del terreno è una delle variabili che influenzava maggiormente la scelta insediativa, per l'ovvio motivo che terreni troppo scoscesi non potevano essere utilizzati per l'insediamento.

Il risultanto dei test effettuati è:

KST p-value: 0

Siti con pressa: X-squared: 35.22, df: 9, p-value: 0.000054

Siti senza pressa: X-squared: 18.63, df: 9, p-value: 0.028507

Dalle tabelle del χ^2 per i siti con oleificio e per quelli senza (Tab. 5.8) si può osservare come ci sia una correlazione tra la disposizione dei siti e la pendenza del terreno. Si osserva una tendenza a preferire i terreni a bassa e medio-bassa pendenza (da 0 a 10 gradi) e ad evitare quelle più alte. Esiste una certa differenza con i siti senza pressa infatti in questi il test risulta essere meno significativo, benché comunque inferiore alla soglia dello 0.05, soprattutto nelle fasce di bassa pendenza, mentre le zone di alta pendenza seguono un andamento simile a quello dei siti con pressa.

Il risultato del KST risulta anch'esso essere molto significativo con un *p-value* che si approssima a zero e l'ogiva che si distacca notevolmente da quelle dei siti simulati (figura 5.20).

Il risultato dei due test è dunque positivo, la variabile della pendenza sarà dunque considerata anche nelle analisi successive.

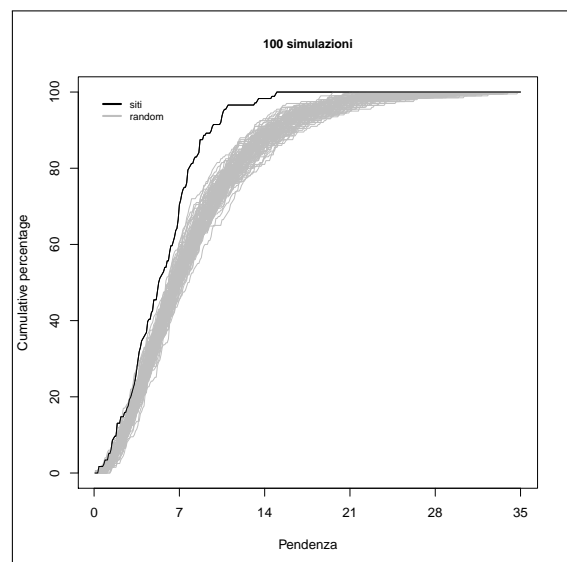


Figura 5.20: Ogiva Pendenza

Indice Topografico L'indice topografico o *topographic wetness index*⁵³ indica l'accumulo dell'acqua superficiale. Essa è influenzata dall'area contribuyente: se questa è grande e una determinata cella ha celle vicine di altitudine simile allora questa cella avrà un valore alto, se invece l'area contribuyente è piccola e le celle adiacenti sono più basse allora il valore sarà basso e il terreno ben drenato⁵⁴. Le sommità dei rilievi avranno quindi valori bassi mentre i fondovalle valori tendenzialmente alti. In questo studio esso viene calcolato unicamente a partire dal DEM anche se altri fattori potrebbero incidere su questa variabile come la copertura vegetale e il tipo di suolo.

I risultati dei test effettuati su questa variabile sono i seguenti:

KST p-value: 0

Siti con pressa: X-squared: 44.6, df: 5, p-value: 0

Siti senza pressa: X-squared: 2.56, df: 5, p-value: 0.767074

Utilizzato in altri progetti⁵⁵ nel caso qui presentato sembra essere molto rilevante infatti il *p-value* del KST è prossimo allo zero ed anche dal grafico (figura 5.21) si nota questa rilevanza con l'ogiva dei siti con pressa che sta sempre nella parte alta del *background*. Inoltre è da sottolineare anche in questo caso una notevole differenziazione tra i siti con pressa e i rimanenti, infatti come si può notare nella tabella 5.9 questo valore è molto rilevante per i primi mentre è ininfluente per i secondi. Per valori bassi gli oleifici sono sovra-rappresentati mentre per valori alti sono sotto-rappresentati e in generale il *p-value* dei primi è prossimo allo zero mentre per gli altri esso non è significativo. Questo indica una preferenza per i terreni ben drenati e una tendenza ad evitare quelli che potevano essere troppo umidi.

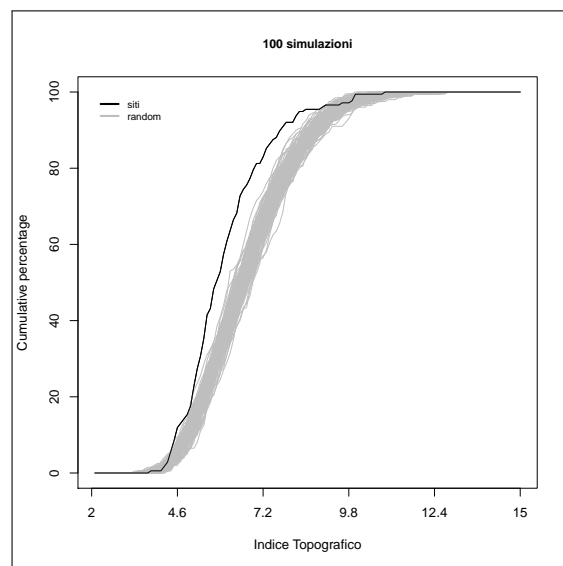


Figura 5.21: Ogiva Indice Topografico

Curvatura del profilo La curvatura del profilo è un valore che indica la forma e precisamente la convessità o concavità del terreno.

For applications in geosciences, the curvature in gradient direction (profile curvature) is important because it reflects the change in slope angle and thus controls the change of velocity of mass flowing downwards along the slope curve⁵⁶.

I risultati dei test effettuati:

KST p-value: 0

Siti con pressa: X-squared: 27.82, df: 1, p-value: 0

Siti senza pressa: X-squared: 3.83, df: 1, p-value: 0.050285

⁵³Raster creato con il comando di GRASS *r.topidx*, Neteler e Mitasova 2008, pp. 155-6.

⁵⁴Andresen 2008, p. 408.

⁵⁵Carrer 2012, pp. 253-4.

⁵⁶Neteler e Mitasova 2008, p. 372.

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
2:4	0.05	0	0.1	0.08
4:6	22.63	73	39.8	27.62
6:8	49.09	81	86.4	0.34
8:10	23.61	16	41.6	15.72
10:12	4.34	6	7.6	0.35
12:14	0.28	0	0.5	0.49
Totale	100.00	176	176.0	44.60

(a)

	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
	0.00	0.17	0.17
	88.00	80.79	0.64
	177.00	175.26	0.02
	79.00	84.30	0.33
	13.00	15.48	0.40
	0.00	1.00	1.00
	357.00	357.00	2.56

(b)

Tabella 5.9: Indice Topografico e oleifici (a) e altri siti (b), *Thugga Survey*

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
-0.03:0	50.56	54	89.0	13.75
0:0.03	49.44	122	87.0	14.06
Totale	100.00	176	176.0	27.82

(a)

	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
	162.00	180.49	1.89
	195.00	176.51	1.94
	357.00	357.00	3.83

(b)

Tabella 5.10: Curvatura del profilo e oleifici (a) e altri siti (b), *Thugga Survey*

Questo parametro è quindi derivato direttamente dall'inclinazione, valori inferiori allo zero indicano una forma concava mentre valori superiori allo zero ne indicano una convessa.

Più del 95% dei valori risultano essere tra il -0.01 e il 0.01 si è dunque deciso di applicare il test del X^2 su una riclassificazione in due categorie, minore o maggiore di zero, o in altre parole concavo e convesso. Risulta essere significativo sia nel KST, dove il valore si approssima allo 0 che, come si può vedere in figura 5.22, anche in quello del X^2 , almeno per quanto riguarda i siti con pressa, dove è molto significativo (vedi tabella 5.10). Come ci si potrebbe aspettare i siti tendono ad evitare le superfici concave dove l'acqua superficiale rallenta e quindi tende ad accumularsi e a preferire quelle convesse. Gli altri siti non sembrano essere invece influenzati da questa variabile.

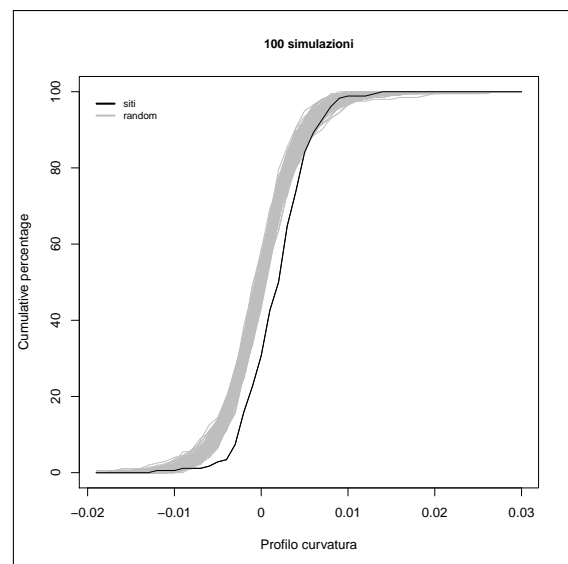


Figura 5.22: Ogiva Curvatura del profilo

Cost distance dai fiumi Il paesaggio della zona indagata in Tunisia è segnato profondamente da numerosi *oueds* o *wadi*. Questi sono per la maggior parte dell'anno secchi e si riempiono d'acqua solo a seguito di forti piogge in occasione delle quali sono soggetti a piene improvvise scavando spesso in maniera molto profonda il proprio letto trasportando molto materiale. Essi dovevano rappresentare in antico, come fanno ancora oggi, un forte ostacolo negli spostamenti sul territorio, soprattutto se fatti con un mezzo di trasporto come un carro,

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$		O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:2	42.55	69	74.9	0.46		135.00	151.89	1.88
2:4	28.29	56	49.8	0.77		113.00	101.00	1.43
4:6	15.61	30	27.5	0.23		77.00	55.74	8.11
6:8	7.48	7	13.2	2.89		21.00	26.72	1.22
8:10	3.52	13	6.2	7.45		10.00	12.58	0.53
10:12	1.73	0	3.0	3.04		1.00	6.16	4.32
12:14	0.77	1	1.4	0.09		0.00	2.74	2.74
14:16	0.05	0	0.1	0.08		0.00	0.17	0.17
Totale	100.00	176	176.0	15.02		357.00	357.00	20.41

(a)

(b)

Tabella 5.11: Distanza di costo degli oleifici (a) e altri siti (b) dai fiumi perenni, *Thugga Survey*

in quanto possono causare notevoli danni alle strade, che necessitano dunque di una costante manutenzione.

Solo quattro di questi *oueds* portano acqua per tutta o quasi tutta la durata dell'anno e sono *oued Fawar*, *oued Arkou*, *oued Harmousha* e *oued Khalled*. Solo questi saranno quindi analizzati in questa sede. Risulta necessario specificare comunque che la loro portata risulta essere molto scarsa, il che li rende assolutamente non navigabili. La loro acqua non è potabile ma potevano essere sfruttati probabilmente per la pesca, l'irrigazione dei campi vicini e per dissetare il bestiame. Il valore analizzato non è una distanza euclidea ma una distanza di costo basata sulla carta delle pendenze.

Questi i risultati dei test:

KST p-value: 0.999110184494149

Siti con pressa: X-squared: 15.02, df: 7, p-value: 0.03574

Siti senza pressa: X-squared: 20.41, df: 7, p-value: 0.004752

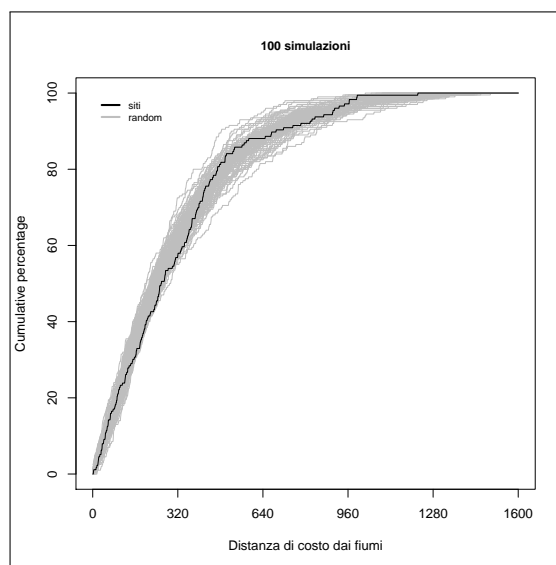


Figura 5.23: Ogiva Distanza dai fiumi

Risulta chiaro sia dal grafico in figura 5.23 che questa variabile non si possa considerare significativa nell'influencare la disposizione dei siti con pressa. Questo può essere dovuto alla tipologia di fiumi che è stata presa in considerazione che come detto hanno una portata minima e di conseguenza uno scarso peso nell'influencare le scelte insediative.

Cost distance dalle sorgenti Le sorgenti sono la più importante se non l'unica fonte di acqua potabile. Dunque è logico attendersi che questa sia una delle variabili che più influenzano la disposizione dei siti di tipo produttivo e/o abitativo.

Ancora oggi è frequente per la popolazione prendere l'acqua da portare alla propria abitazione da queste sorgenti, utilizzando asini come mezzo di trasporto. La situazione non

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$		O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:1.5	40.24	97	70.8	9.68		199.00	143.64	21.33
1.5:3	38.84	69	68.4	0.01		128.00	138.67	0.82
3:4.5	15.23	10	26.8	10.54		29.00	54.39	11.85
4.5:6	3.89	0	6.8	6.84		1.00	13.88	11.95
6:7.5	1.23	0	2.2	2.17		0.00	4.39	4.39
7.5:9	0.46	0	0.8	0.81		0.00	1.64	1.64
9:10.5	0.11	0	0.2	0.19		0.00	0.39	0.39
Totale	100.00	176	176.0	30.24		357.00	357.00	52.38

(a)

(b)

Tabella 5.12: Distanza di costo degli oleifici (a) e altri siti (b) dalle sorgenti, *Thugga Survey*

doveva essere molto diversa per la maggior parte della popolazione rurale in età antica, almeno per quella che non poteva costruirsi un piccolo acquedotto privato. Naturalmente è possibile che nel corso dei secoli la posizione di queste sorgenti abbia subito dei cambiamenti ma l'importanza di questa variabile ci obbliga a considerarla nonostante questo possibile fattore di *bias*.

Questi i risultati dei test:

KST p-value: 0

Siti con pressa: X-squared: 30.24, df: 6, p-value: 0.000035

Siti senza pressa: X-squared: 52.38, df: 6, p-value: 0

I risultati sono, come ci si aspettava, molto significativi.

I valori dei *p-values* si approssimano nettamente allo zero in tutti i test effettuati, come si può osservare anche in figura 5.24. In questo grafico l'ogiva corrispondente ai siti è nettamente staccata da quelle che rappresentano i valori delle cento simulazioni effettuate. Dalla tabella 5.12 si vede invece come nelle immediate vicinanze di una sorgente la presenza di siti è nettamente maggiore delle aspettative mentre nelle zone più lontane i siti sono abbondantemente sotto-rappresentati passando per una zona in cui i risultati attesi ed osservati coincidono (150:300). Sembra dunque esserci una forte relazione di tipo lineare inverso tra i siti e questa variabile.

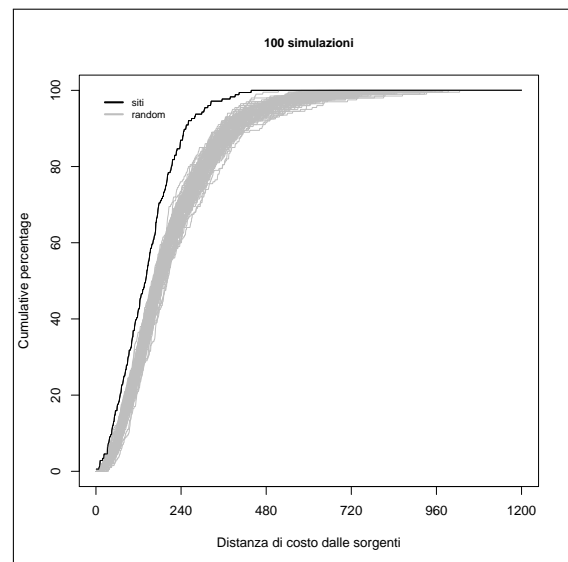


Figura 5.24: Ogiva Distanza dalle sorgenti

Variabili Categoriali

Suolo L'utilizzo della carta pedologica viene sconsigliata in diversi lavori di questo genere⁵⁷, in quanto i suoli attuali non necessariamente corrispondono a quelli di età romana

⁵⁷Cfr. ad esempio Goodchild 2007, pp. 144-6; Carrer 2012.

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$		O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
Pian.	10.92	21	19.2	0.17		35.00	38.98	0.41
Depr.	0.56	0	1.0	0.98		0.00	2.00	2.00
Canale	41.33	39	72.7	15.65		108.00	147.54	10.60
Passo	1.96	3	3.4	0.06		9.00	6.99	0.58
Cresta	44.71	112	78.7	14.09		203.00	159.63	11.78
Picco	0.52	1	0.9	0.01		2.00	1.87	0.01
Totale	100.00	176	176.0	30.96		357.00	357.00	25.37

(a)

(b)

Tabella 5.13: Elementi Morfometrici e oleifici (a) e altri siti (b), *Thugga Survey*

considerando la relativa velocità con cui essi possono mutare. In ogni caso non sarebbe stato possibile prendere in considerazione questa variabile in quanto si possiede solamente una carta pedologica per la zona ricognita in Tunisia mentre non si ha a disposizione nulla per quella in Algeria, rendendo quindi impossibile il confronto di questa variabile tra le due zone.

Elementi morfometrici Gli elementi morfometrici⁵⁸ sono elementi del paesaggio come vette, rilievi, passi, canali, depressioni e pianori⁵⁹. Per maggiore chiarezza si faccia riferimento alla figura 5.25

Il risultato del test del X^2 è:

Siti con pressa: X-squared: 30.96, df: 5, p-value: 0.00001

Siti senza pressa: X-squared: 25.37, df: 5, p-value: 0.000118

Il test X^2 risulta dunque essere significativo sia per quanto riguarda i siti con pressa che per quanto riguarda gli altri siti. Vi è una tendenza ad evitare i canali, dove sono infatti sotto-rappresentati e a preferire le zone sopraelevate. Si ritiene necessario sottolineare come questa variabile sia di difficile interpretazione in quanto l'algoritmo che la genera richiede un parametro (*Size of processing window*) indicante in linea di massima la grandezza del territorio nelle vicinanze di ogni cella che deve essere considerata per definire a quale dei sei elementi essa debba essere assegnata. Con il variare di questa grandezza variano anche notevolmente il tipo di identificazione di una cella⁶⁰. Per questo motivo si raccomanda una certa cautela nell'utilizzare questa variabile⁶¹.

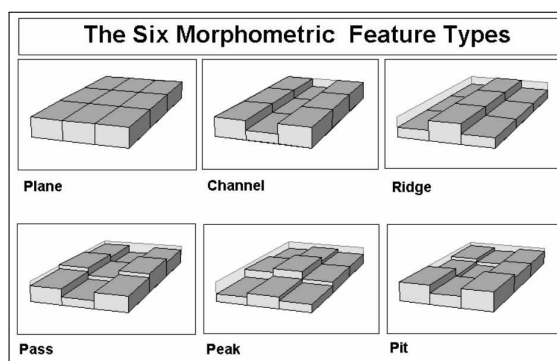


Figura 5.25: El. Morfometrici (Wood 1996)

Esposizione Il *raster* delle esposizioni⁶² esprime l'orientamento del terreno in gradi con una sequenza numerica che va da 0 a 360 con 0 che indica l'Est 90 il Nord, 180 l'Ovest, 270 il Sud e 360 di nuovo l'Est. Un tipo di variabile diversa da quelle incontrate fino ad ora in

⁵⁸Raster creato con il comando di GRASS `r.param.scale`.

⁵⁹Wood 1996, p. 112.

⁶⁰Wood 1996, p. 122.

⁶¹Neteler e Mitasova 2008, p. 150.

⁶²Raster creato con il comando di GRASS `r.aspect`.

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$		O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
Flat	0.73	3	1.3	2.29		2.00	2.61	0.14
NE	12.33	23	21.7	0.08		54.00	44.03	2.26
N	14.25	28	25.1	0.34		42.00	50.89	1.55
NO	12.56	18	22.1	0.76		46.00	44.82	0.03
O	10.49	15	18.5	0.65		26.00	37.46	3.51
SO	9.68	14	17.0	0.54		27.00	34.56	1.66
S	12.83	25	22.6	0.26		51.00	45.79	0.59
SE	14.02	27	24.7	0.22		61.00	50.04	2.40
E	13.11	23	23.1	0.00		48.00	46.80	0.03
Totale	100.00	176	176.0	5.14		357.00	357.00	12.17

(a)

(b)

Tabella 5.14: Esposizione e oleifici (a) e altri siti (b), *Thugga Survey*

quanto i due valori limite, lo 0 e il 360 hanno in realtà lo stesso significato. Inoltre è da sottolineare il fatto di come l'esposizione possa avere significato per le zone con una certa pendenza mentre essa deve considerarsi ininfluenza per le zone tendenzialmente pianeggianti (per questo motivo l'algoritmo di GRASS può assegnare il valore NULL alle porzioni di territorio con pendenza inferiore ad un valore scelto⁶³). Per questi motivi benché essa si possa considerare una variabile continua (in quanto ogni cella può avere ogni possibile valore tra 0 e 360), non si è ritenuto corretto utilizzarla come le altre descritte nella sezione precedente (5.2.2), si è quindi deciso di trasformarla in una variabile categoriale con 9 livelli (Pianura, N, NE, E, SE, S, SO, O, NO). Il risultato del test del X^2 è:

Siti con pressa: X-squared: 5.14, df: 8, p-value: 0.742737

Siti senza pressa: X-squared: 12.17, df: 8, p-value: 0.143909

Si può notare come questa variabile non risulti essere significativa rispetto alla disposizione dei siti nel territorio si nota soltanto una leggera tendenza ad evitare le esposizioni verso Ovest (NO, O e SO) sia per i siti con pressa che per gli altri. In ogni caso questa variabile non sarà più considerata nel prosieguo del lavoro.

Geologia La carta geologica del foglio 33 in scala 1:50000 della zona di *Téboursouk* suddivide il territorio in base a 45 tipologie geologiche. Un così alto numero di categorie di cui molte sono rappresentate solo in piccole zone ha reso necessaria una riclassificazione in tipologie più ampie, con caratteristiche simili, in base alle descrizioni fornite da Perthuisot⁶⁴. Si è arrivati così alla definizione di nove macro-zone geologiche, in tabella 5.2.2 sono riportate le corrispondenze con le zone originarie della carta. Dal momento che non si dispone del foglio ad ovest di quello di *Téboursouk* (Foglio n 32, *Souk el Arba*) è stato necessario escludere i siti che ricadevano in quest'area, uno per la tipologia siti con pressa e venticinque per quella altri siti.

Il risultato del test del X^2 :

Siti con pressa: X-squared: 8.37, df: 8, p-value: 0.39818679

Siti senza pressa: X-squared: 20.56, df: 8, p-value: 0.0084128

⁶³In questo caso si è scelto come valore soglia 3 gradi.

⁶⁴Perthuisot 1979.

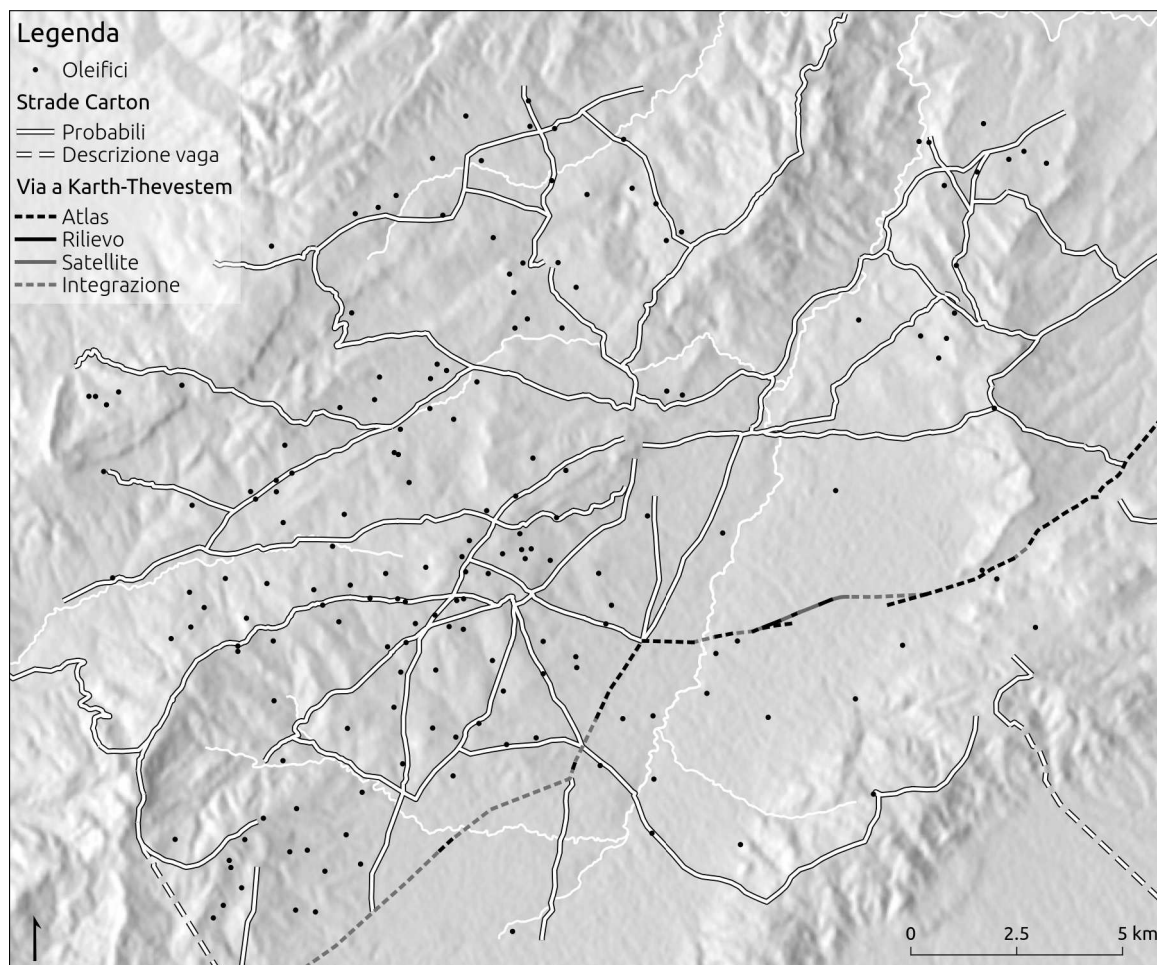


Figura 5.26: Distanza dalle strade, *Thugga Survey*

Nuovo	Nome originale
Asdo	Abluions subactuelles des oueds
Calcari	Croutes-Qc, Trias-Tc, Trias-T, Turonien-Cco, Campanien-Cca, Villafranchien-Qvl, Bedoulien, Turonien-Ct1, Yprésien-Lutétien-Ey-L, Yprésien-Ey, Campanien-Cca-M, Lutétien-Sup-El2, Trias-Td, Campanien-Cm2, Vraconien-Cal2-Ce1
Conglomerati	Villafranchien-Qvc, Tortonienpp-Kmtb3, Tortonienpp-Kmta3, Plioc-Cont-Plc
Gessi	Trias-Tb, Trias-Ta
Ghiaie	Eboulis-Qe
Grès	Aquitaniens-Ma, Oligocène-O, Tortonienpp-Kmt3, Tortonienpp-Hmt3
Marne	Eocène-Sup-Elp, Maestrichtien-Cm-P, Campanien-Cm1, Barrémien-Cba, Cénomaniens-Cce2, Gargasien-Inf-Cap2a, Turonien-Cs, Tortonienpp-Mmt3, Turonien-Ct2, Barrémien-Aptien-Cba-Ap, Lutétien-Inf-Moy-El1, Albien-Cal, Turonien-Ct2-S, Tortpp-Kmtc3, Messinien-Mm
Qri	Quaternaire recent-Qs
Terrasses	Terrasses-Tq-1, Terrasses-Tq2

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$		O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
Asdo	1.28	1	2.24	0.69		4	4.25	0.01
Calcari	26.39	40	46.18	0.83		94	87.60	0.47
Congl.	8.67	17	15.18	0.22		22	28.79	1.60
Gessi	3.02	1	5.29	3.48		4	10.03	3.63
Ghiaie	4.45	10	7.79	0.63		14	14.78	0.04
Grès	6.83	11	11.95	0.07		15	22.66	2.59
Marne	17.95	39	31.41	1.84		45	59.58	3.57
Qri	29.53	54	51.67	0.10		127	98.03	8.56
Terr.	1.89	2	3.30	0.51		7	6.26	0.09
Totale	100.00	175	175.00	8.37		332	332.00	20.56

(a)

(b)

Tabella 5.15: Geologia e oleifici (a) e altri siti (b), *Thugga Survey*

Esso risulta essere negativo per quanto riguarda i siti con pressa, non si può dunque sostenere che ci sia una correlazione tra la geologia e la disposizione di questa tipologia di siti. Correlazione che sembra invece esserci con gli altri siti dove si nota una tendenza ad evitare le zone “gessi e conglomerati” e a preferire notevolmente quelle del “Quaternario generico indifferenziato” tendenza che sembra rispettata, anche se con molta minore intensità dai siti con pressa. Il risultato del test del X^2 ci impone tuttavia di non utilizzare ulteriormente questa variabile.

5.2.3 Variabili culturali

Cost distance dalle strade Il territorio era percorso da una fitta rete di strade, molte delle quali furono viste da Carton⁶⁵ che purtroppo non disponeva del supporto cartografico necessario per registrarle con precisione. L'importanza di questo tipo di infrastruttura è fuori di dubbio per l'impatto che poteva avere sull'economia anche durante l'antichità⁶⁶.

Durante la ricognizione effettuata dal LASA, a causa degli importanti mutamenti nell'intensità di sfruttamento del suolo avvenuti nel secolo scorso, solo pochi tratti di queste sono state rintracciate e quindi documentate con la precisione necessaria per poter essere utilizzate all'interno di questo progetto. L'unica strada di cui si conosce il percorso con sufficiente precisione per tutto il territorio indagato è la strada principale che attraversava la zona, quella che portava da Cartagine a *Theveste* (nell'attuale Algeria). Tutte le altre sono individuabili solo genericamente attraverso le descrizioni di Carton, in base a queste è stata proposta la ricostruzione dei percorsi (fig. 5.26) sulla base dei riferimenti sia ai siti, che ai toponimi e agli aspetti geomorfologici del territorio.

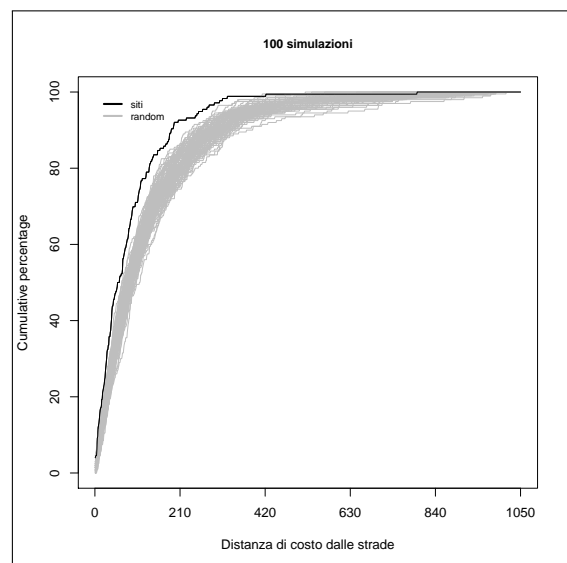


Figura 5.27: Ogive Distanza dalle strade

⁶⁵ Carton 1895, ma anche Poinsot 1907; Gauckler 1896; Hilaire e Vellard 1896.

⁶⁶ Cfr. Hitchner 2012, pp. 228-30, per il rapporto tra strade ed economia della regione di *Kasserine*.

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$		O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:1.5	70.75	147	124.5	4.06		293.00	252.57	6.47
1.5:3	19.61	24	34.5	3.20		48.00	69.99	6.91
3:4.5	5.98	4	10.5	4.04		14.00	21.34	2.52
4.5:6	1.47	0	2.6	2.59		1.00	5.25	3.44
6:7.5	1.20	0	2.1	2.11		0.00	4.28	4.28
7.5:9	0.72	1	1.3	0.05		1.00	2.56	0.95
9:10.5	0.28	0	0.5	0.49		0.00	1.00	1.00
Totale	100.00	176	176.0	16.55		357.00	357.00	25.58

(a)

(b)

Tabella 5.16: Cost distance dalle strade e oleifici (a) e altri siti (b), *Thugga Survey*

Per questi motivi, tenuto conto anche del fatto che nel territorio ricognito in Algeria non si possiede una carta delle strade antiche sufficientemente precisa, questa possibilità è infatti da considerarsi un fatto eccezionale e riscontrabile solo in poche altre regioni, si è deciso di escludere questa variabile dalla creazione del modello predittivo. Ciononostante è sembrato interessante valutare quale potrebbe essere stato l'apporto di questa variabile e si riportano quindi le tabelle e i grafici. Il risultato dei test effettuati è questo:

KST p-value: 0

Siti con pressa: X-squared: 16.55, df: 6, p-value: 0.011104

Siti senza pressa: X-squared: 25.58, df: 6, p-value: 0.000266

Si può notare come vi sia una correlazione significativa tra la disposizione dei siti e questa variabile. Il *p-value* risultante dal test del X^2 è inferiore alla soglia convenzionale di 0.05, dunque da considerarsi significativo, per i siti con pressa e ancora più basso per gli altri siti. Una possibile spiegazione per questa differenza può essere ritrovata nelle differenti intensità di ricognizione, infatti nella zona indagata intensivamente sono presenti molte strade, ciò è legato alla presenza della città di *Thugga*, la combinazione di questo con la maggiore densità di siti rinvenuti a causa della più elevata intensità di ricognizione, porterebbe a questo risultato. Il KST restituisce un *p-value* approssimato allo 0 e dunque un'alta significatività visibile anche in figura 5.27 dove l'ogiva dei siti con pressa e quelle dei siti casuali divergono notevolmente. Dunque questa variabile doveva influenzare le modalità di insediamento antiche, ciononostante per le ragioni dette essa non sarà utilizzata nella creazione del modello.

Cost distance da siti urbani La seconda variabile culturale analizzata è la distanza dai centri urbani.

Generalmente la si ritiene molto importante per la disposizione dei siti rurali in quanto nei siti a carattere urbano si esercitavano le principali attività religiose, politiche, amministrative e di intrattenimento oltre a quelle fondamentali di mercato per i prodotti della campagna⁶⁷.

Questa variabile sembra essere, nel caso della zona di *Thugga*, molto promettente in quanto il territorio indagato è particolarmente denso di città e agglomerati, nell'area presa in considerazione e nelle immediate vicinanze (ovviamente è necessario considerare anche le città all'esterno dell'area oggetto di studio in quanto i siti che si trovano presso i confini

⁶⁷Dyson 2000, pp. 153-156.

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$		O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:2	7.65	14	13.5	0.02		66.00	27.31	54.81
2:4	28.40	64	50.0	3.93		108.00	101.40	0.43
4:6	31.26	54	55.0	0.02		81.00	111.60	8.39
6:8	18.86	32	33.2	0.04		71.00	67.34	0.20
8:10	8.88	9	15.6	2.82		27.00	31.72	0.70
10:12	3.69	2	6.5	3.10		3.00	13.16	7.84
12:14	1.25	1	2.2	0.66		1.00	4.47	2.69
14:16	0.00	0	0.0	0.00		0.00	0.00	0.00
Totale	100.00	176	176.0	10.59		357.00	357.00	75.07

(a)

(b)

Tabella 5.17: Cost distance dalle città e oleifici (a) e altri siti (b), *Thugga Survey*

potevano far riferimento alla città esterna più vicina). Ne prenderemo in considerazione quattordici, in ordine alfabetico: *Agbia*, *Aunobari*, *Glia*, *Musti*, *Numluli*, *Sustri*, *Thabbora*, *Thibaris*, *Thibursicum Bure*, *Thiggiba Bure*, *Thignica*, *Thimida Bure*, *Thugga* e *Uchi Maius*. Senza contare i *pagi* (*Assallitanus*, *Suttuensis* e *Thac[*) ed infine la *Civitas Mizigitanorum*.

Il risultato dei test effettuati è questo:

KST p-value: 0

Siti con pressa: X-squared: 10.59, df: 7, p-value: 0.157561

Siti senza pressa: X-squared: 75.07, df: 7, p-value: 0

I risultati sono in qualche maniera inattesi in quanto presentano una situazione molto eterogenea. Per quello che riguarda il test del X^2 per i siti con pressa si ha una non significatività con un valore del *p-value* molto alto, mentre lo stesso test su gli altri siti è invece molto significativo.

Questo è probabilmente pesantemente influenzato dal fatto che proprio nelle immediate vicinanze della città di *Thugga* si è svolto il *survey* intensivo che ha portato all'individuazione di un numero molto alto di concentrazioni fittili che mancano invece nelle zone indagate attraverso la ricognizione estensiva sul resto del territorio.

La situazione inedita è invece rappresentata dal fatto che vi sia una differenza tra i risultati del KST e quelli del X^2 . Il primo risulta infatti essere significativo come si può vedere sia dal *p-value* molto basso che dalla lettura del grafico delle ogive in figura 5.28. Questa variabile sarà dunque considerata anche nelle analisi successive benché la sua attendibilità non sia confermata da entrambi i test, ma il KST in questo caso è più attendibile in quanto considera la variabile interamente senza la necessità di ridurla ad un livello categoriale.

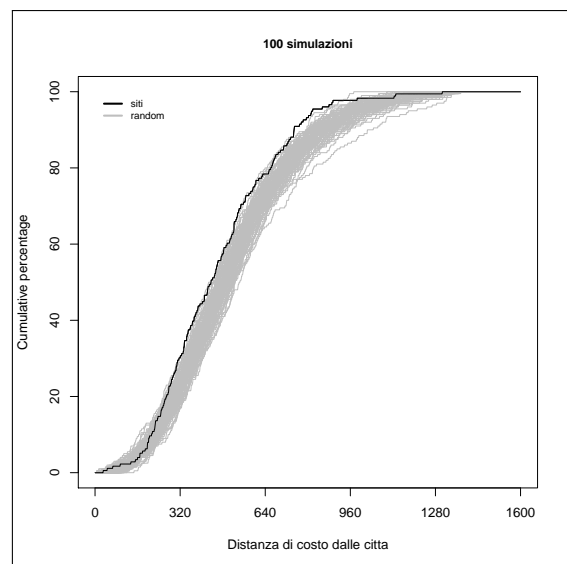


Figura 5.28: Ogive Distanza dalle città

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
Pian.	9.05	12	8.3	1.63
Depr.	0.18	0	0.2	0.17
Canale	43.36	22	39.9	8.03
Passo	0.50	0	0.5	0.46
Cresta	46.77	57	43.0	4.53
Picco	0.13	1	0.1	6.21
Totale	100.00	92	92.0	21.03

(a) Elementi Morfometrici

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:5	16.30	29	15.0	13.09
5:10	35.32	47	32.5	6.47
10:15	27.43	16	25.2	3.38
15:20	13.05	0	12.0	12.01
20:25	5.26	0	4.8	4.84
25:30	1.81	0	1.7	1.67
30:35	0.59	0	0.5	0.54
35:40	0.19	0	0.2	0.17
40:45	0.04	0	0.0	0.04
45:50	0.01	0	0.0	0.01
Totale	100.00	92	92.0	42.22

(c) Pendenza

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:1.5	33.17	59	30.5	26.58
1.5:3	46.52	28	42.8	5.12
3:4.5	14.82	5	13.6	5.47
4.5:6	4.21	0	3.9	3.87
6:7.5	1.28	0	1.2	1.17
Totale	100.00	92	92.0	42.21

(e) Distanza di costo dalle sorgenti

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:2	43.23	50	39.8	2.63
2:4	33.13	38	30.5	1.86
4:6	16.69	4	15.4	8.40
6:8	5.85	0	5.4	5.38
8:10	1.11	0	1.0	1.02
Totale	100.00	92	92.0	19.28

(g) Distanza di costo dai fiumi

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
2:4	0.07	0	0.1	0.07
4:6	18.87	41	17.4	32.17
6:8	49.63	40	45.7	0.70
8:10	25.44	11	23.4	6.58
10:12	5.50	0	5.1	5.06
12:14	0.49	0	0.4	0.45
Totale	100.00	92	92.0	45.02

(b) Indice Topografico

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
Flat	2.28	6	2.1	7.27
NE	8.48	8	7.8	0.01
N	14.26	17	13.1	1.15
NO	19.91	9	18.3	4.74
O	18.17	13	16.7	0.83
SO	10.01	9	9.2	0.00
S	9.88	7	9.1	0.48
SE	8.53	17	7.8	10.69
E	8.50	6	7.8	0.42
Totale	100.00	92	92.0	25.58

(d) Esposizione

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:150	21.44	31	19.7	6.44
150:300	42.72	40	39.3	0.01
300:450	28.09	21	25.8	0.91
450:600	7.75	0	7.1	7.13
Totale	100.00	92	92.0	14.49

(f) Altitudine

	Perc	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
-0.03:0	50.84	17	46.8	18.96
0:0.03	49.16	75	45.2	19.61
Totale	100.00	92	92.0	38.56

(h) Curvatura del profilo

Tabella 5.18: Tabelle del X^2 per gli oleifici del *PNEK Survey*

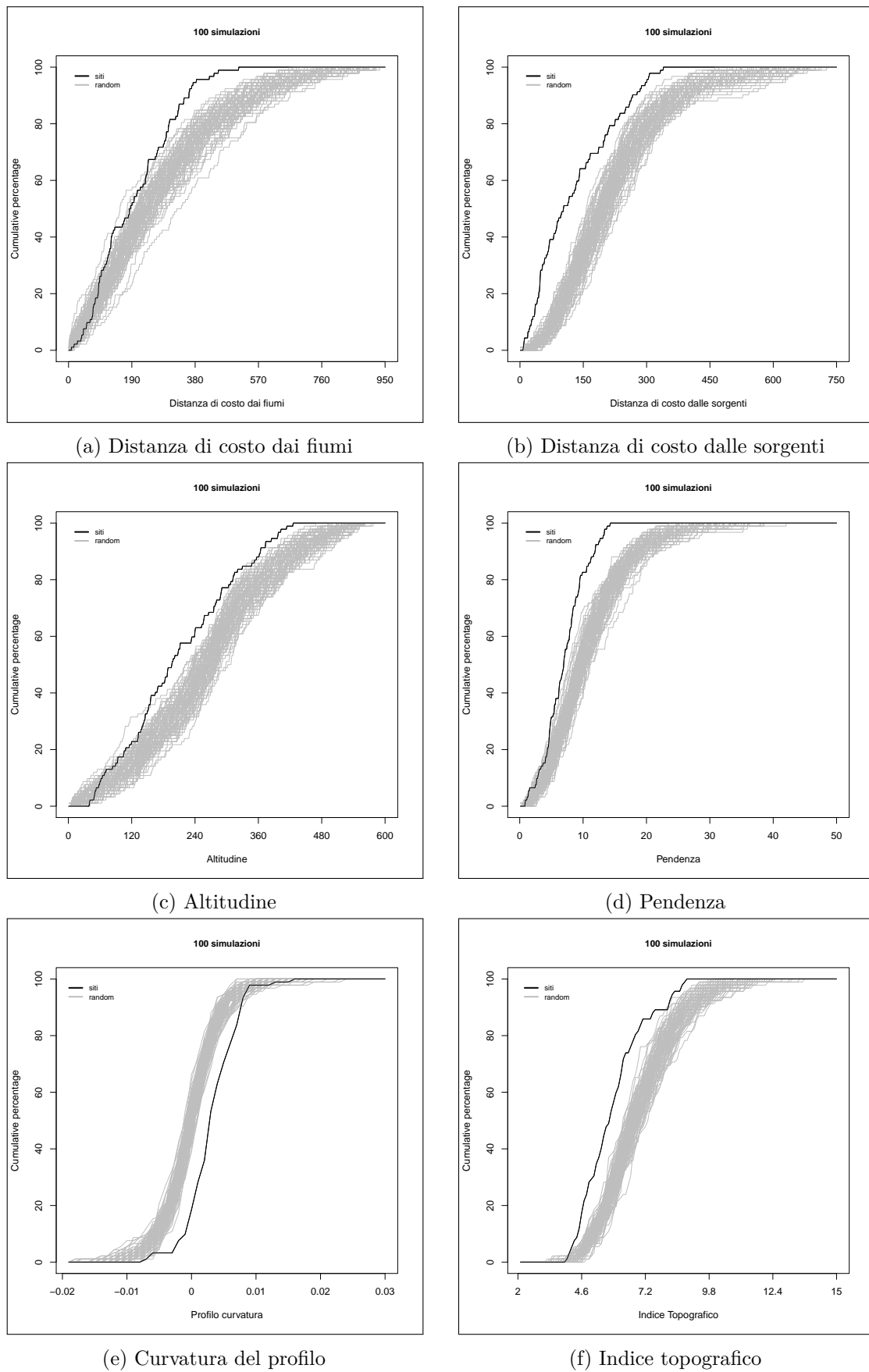


Figura 5.29: Grafici delle percentuali cumulative delle variabili continue (*PNEK Survey*)

5.3 Algeria (*PNEK Survey*)

Prima di iniziare il passo successivo, con la valutazione multi-variata delle variabili, è bene indagare le relazioni tra i siti della zona del parco nazionale di *El Kala (PNEK Survey)* e le stesse caratteristiche analizzate finora. In questo modo si potranno avere delle indicazioni preliminari sulle similitudini o le differenze nelle scelte insediative e poter meglio comprendere il conseguente comportamento del modello predittivo nelle sezioni successive. In figura 5.29 e in tabella 5.18, sono riportati i grafici e le tabelle risultanti dai test del KST e del X^2 .

Si comportano in maniera difforme dai siti tunisini tre variabili:

1. **Altitudine.** Il *range* dell'altitudine della zona indagata in Algeria va da 0 a 583 m s.l.m. Si può notare che, benché questo valore risulti essere significativo anche in questo caso, come era stato per la Tunisia, il comportamento è piuttosto differente, infatti alle basse altitudini i siti algerini sono sovra-rappresentati mentre sono meno frequenti alle altitudini più alte. Si notano quindi due comportamenti differenti, questa variabile sarà dunque analizzata più nel dettaglio nel momento di confrontare i risultati del modello predittivo, (Tab. 5.18f e fig. 5.29c).
2. **Esposizione** La variabile dell'esposizione differisce in primo luogo in quanto riguarda essere significativa al contrario di quanto era emerso dalle analisi per i siti tunisini. In particolare risulta esserci un'accentuata preferenza per i luoghi a bassa inclinazione dove l'esposizione è quindi poco rilevante e per le esposizioni a Sud-Est. Risultano invece evitate le esposizioni a Nord-Ovest, (Tab. 5.18d).
3. **Cost distance dai fiumi** La distanza di costo dai fiumi anche in questo caso risulta essere significativa, al contrario di quanto si era dimostrata in Tunisia. I siti algerini tendono a disporsi più vicino ai fiumi anche qui con una tendenza ad un rapporto lineare inverso, relazione che sembra però non essere particolarmente forte con valori attesi e riscontrati non troppo dissimili nelle prime due fasce che rappresentano da sole oltre il 70% del territorio, (Tab. 5.18g e fig. 5.29a).

Risultano invece coerenti con i risultati espressi dai siti tunisini le altre cinque variabili misurabili per l'Algeria:

1. **Pendenza.** Si conferma un rapporto lineare inverso tra pendenza e presenza di siti, (Tab. 5.18c e fig. 5.29d).
2. **Indice Topografico.** Tendenza ad evitare i terreni umidi e a preferire quelli drenati, (Tab. 5.18b e fig. 5.29f).
3. **Curvatura del profilo.** Preferenza per le zone concave rispetto a quelle convesse, (Tab. 5.18h e fig. 5.29e).
4. **Cost distance dalle sorgenti** Forte rapporto lineare inverso, ossia grande preferenza per i luoghi prossimi alle sorgenti, (Tab. 5.18e e fig. 5.29b).
5. **Elementi morfometrici** Preferenze per occupare le "creste" e ad evitare le depressioni, (Tab. 5.18a).

Le indicazioni che si possono trarre a questo punto sono ancora limitate. Per l'altitudine e la distanza di costo dai fiumi la differenza di comportamento è da mettere probabilmente in relazione alle caratteristiche geomorfologiche differenti tra i due territori. In particolar modo la distanza dai fiumi può essere influenzata dal fatto che le valli nel territorio del *PNEK Survey* sono molto più strette e dunque i siti disposti nel fondovalle o a mezza costa risultano necessariamente essere più vicini al percorso del fiume che le attraversa.

5.4 Il modello predittivo

5.4.1 Valutazione bivariata variabili

Tra le variabili considerate le uniche che sono state escluse da ulteriori valutazioni sono la geologia, l'esposizione, la distanza di costo dai fiumi e quella dalle strade. Si andranno ora a verificare quelle restanti attraverso un altro test, ossia quello della regressione logistica bivariata (vedi 4.2.5). Questo ulteriore test è stato utilizzato da Carrer⁶⁸ e serve di fatto per valutare la qualità della relazione tra una variabile considerata e la presenza/assenza di siti. Per fare ciò è quindi necessario utilizzare un gruppo di controllo composto da non-siti, ossia un numero di località selezionate, in questo caso in modo casuale, nelle celle del territorio in cui non sono presenti siti con pressa. Serve inoltre capire se vi sia una relazione lineare tra la variabile considerata e la scelta insediativa prima di procedere ad un'analisi multi-variata e, nel caso non ci sia, cercare di comprenderne le motivazioni e porre un rimedio. I risultati di questo test per le variabili continue:

Il p-value di dem è uguale a: 0.0076063758256999
 Il p-value di slope è uguale a: 0.0000000908670024779568
 Il p-value di tidx è uguale a: 0.000000574414766529863
 Il p-value di pcurv è uguale a: 0.0000149121649283268
 Il p-value di f_cost è uguale a: 0.838111364973276
 Il p-value di s_cost è uguale a: 0.00000122610330721695
 Il p-value di c_cost è uguale a: 0.310059215502265

Mentre per l'unica variabile categoriale ancora utilizzata è:

Il p-value di Canale è uguale a: 0.0000580551367137527
 Il p-value di Cresta è uguale a: 0.000397814108842987
 Il p-value di Pian. è uguale a: 0.491706220730119
 Il p-value di Passo è uguale a: 0.472136613157639
 Il p-value di Picco è uguale a: 1

Per canali e creste il test risulta essere significativo ma in ogni caso non si ritiene che questa variabile sia da inserire nel modello in quanto come detto precedentemente può variare a seconda dei parametri usati per crearla (fig. 5.30) e risulta essere quindi non utilizzabile. Vi sono stati miglioramenti nella sua realizzazione attraverso la *fuzzy logic*⁶⁹ i cui risultati probabilistici non sono però utilizzabili in questo frangente.

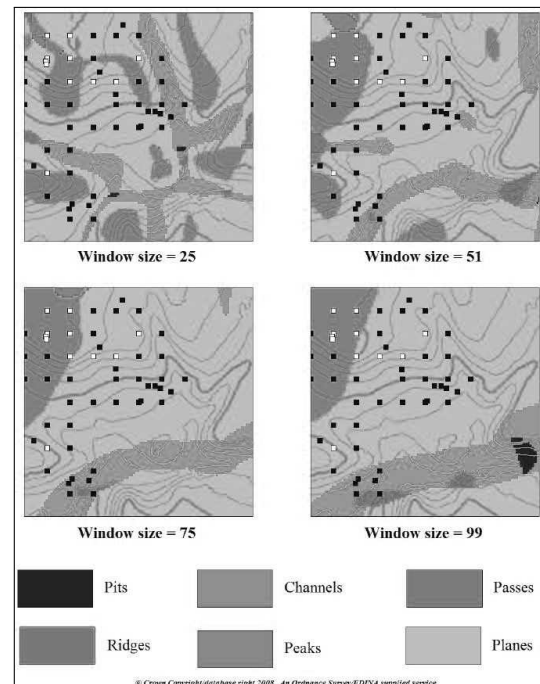


Figura 5.30: Elementi morfometrici (Lock e Pouncett 2011, Fig. 2)

⁶⁸Carrer 2012.

⁶⁹Fisher, Wood e Cheng 2005.

Risulta dunque che l'unica variabile continua non significativa sia quella della distanza di costo dalle città, questo sembra essere in accordo con il risultato del X^2 (vedi tabella 5.17). Per quanto riguarda la variabile categoriale, quella degli elementi morfometrici, invece quattro su sei delle tipologie risultano essere non significative e quindi eliminate dalle valutazioni successive, facendo riferimento alla tabella 5.13 è evidente come queste quattro categorie rappresentino insieme una percentuale molto ridotta e che avessero anche per questo motivo valori di X^2 molto bassi. Nell'effettuare questi test ci si è resi conto che la scelta del gruppo di controllo influenzi anche in maniera importante il risultato del test, per questo motivo è stato deciso di ripetere il test cento volte (naturalmente attraverso uno script in R, vedi A.4), generando ogni volta un nuovo gruppo di controllo casuale, per verificare se il primo risultato possa essere considerato valido oppure sia frutto di casualità. Il risultato conferma quanto espresso dal primo test, con i *p-values* delle variabili continue che sono sempre, o quasi sempre significativi tranne quelli della distanza di costo dalle città che risulta essere per la maggior parte delle volte non significativo.

5.4.2 Valutazione multi-variata variabili

Una volta completata la valutazione bivariata delle variabili è necessario verificare quali siano quelle che più hanno influenzato la disposizione dei siti con pressa. Per fare ciò è necessario utilizzarle tutte all'interno di un test per trovare un modello che individui i siti e i non siti. Questa analisi si chiama regressione logistica multi-variata. Essa indicherà non solo quali ma anche quale peso hanno le singole variabili, in base alla funzione così creata sarà possibile generare un *raster* che indica la probabilità di presenza di siti in ogni sua cella. Attraverso una funzione di R è possibile valutare automaticamente le varie combinazioni di tutte le variabili e trovare in questo modo quella più adatta a rappresentare la disposizione di siti e non siti (vedi A.5). Si è dunque arrivati ai risultati visibili in tabella 5.19. Le variabili rimaste sono dunque la pendenza, l'altitudine, l'indice topografico e la distanza di costo dalle sorgenti.

Variabile	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	3.872	0.769	5.033	0.0000004834
slope	-0.197	0.035	-5.601	0.0000000213
dem	0.0032	0.008	4.204	0.0000262002
tidx	-0.504	0.094	-5.382	0.0000000738
s_cost	-0.004	0.001	-3.219	0.0012861078

Tabella 5.19: Risultati regressione logistica multi-variata

In tabella 5.19 sono riportati i risultati dove in relazione alla formula della regressione multi-variata (Eq. 4.2)⁷⁰ il valore di *Estimate* dell'intercetto è α , quello delle variabili è β mentre i vari X sono i valori dei *raster* corrispondenti. Questa considerazione è fondamentale per poter comprendere come questi valori non ci indichino in realtà il reale peso delle variabili nella composizione del modello. Si può notare che i valori di *Estimate* negativi indichino una relazione inversa, ossia all'aumentare del valore del *raster* diminuisce la possibilità di trovare siti e il contrario avviene per i valori positivi, ma si deve però considerare come questo valore vada poi moltiplicato per il valore del *raster*, che varia notevolmente di variabile in variabile. Infatti se il valore massimo dell'indice topografico arriva a circa 14 quello della distanza dalle sorgenti arriva a 1000, è evidente che in una potenziale cella che presenta

⁷⁰Che si ripropone qui per comodità $L_i = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n$

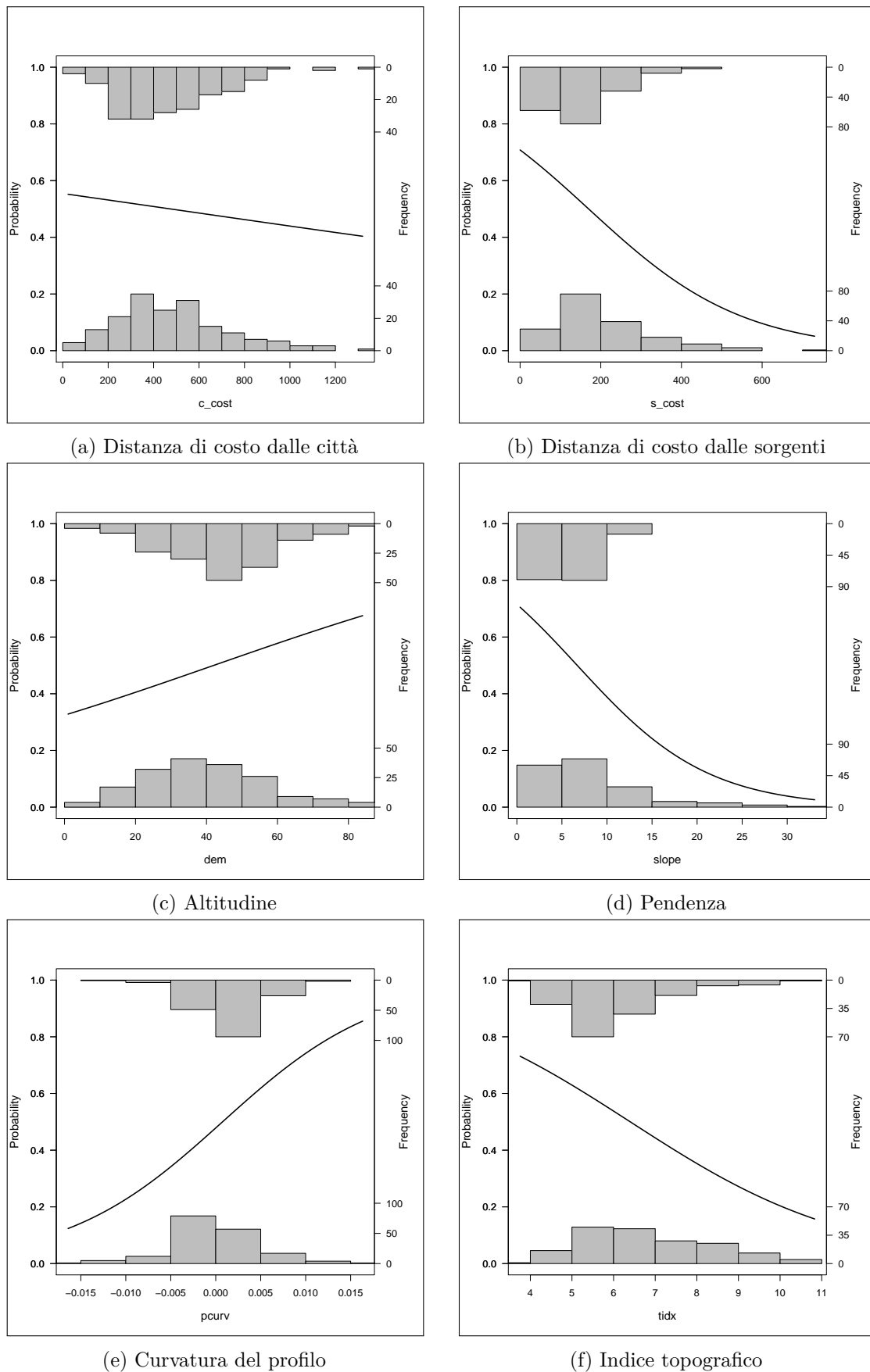


Figura 5.31: Grafici della regressione logistica semplice delle variabili continue

contemporaneamente entrambi questi valori massimi la variabile della distanza dalla sorgente influenzerebbe maggiormente il risultato rispetto all'indice topografico.

Se volessimo calcolare un'influenza media delle variabili si potrebbe moltiplicare il valore di *Estimate* per il valore medio dei vari *rasters*, il risultato sarebbe quello in tabella 5.20, ma anche questo non rappresenterebbe l'influenza relativa delle variabili. In questo modo infatti non si tiene conto della dispersione dei valori attorno alla media. Infatti una dispersione bassa porta la variabile ad avere meno rilevanza in quanto se i valori sono spesso simili il valore risultante sarà simile per la maggior parte delle celle influenzando il modello circa allo stesso modo. Un'alta dispersione invece porta in alcune celle ad una bassa influenza mentre in altre una alta, influenzando quindi il modello in maniera più decisa.

Variabile	Valore medio	Estimate	“Influenza media”
slope	7.89232	-0.197	-1,55478704
s_cost	215.709	-0.004	-0.862836
dem	478.333	0.0032	1.5306656
tidx	6.71757	-0.504	-3.38565528

Tabella 5.20: “Influenza media” delle variabili

Di volta in volta per ogni cella, si avrà dunque un grado di influenza diverso in base ai valori dei *rasters* corrispondenti. Tenendo presente queste prime osservazioni e considerato il fatto che la valutazione dell'influenza delle variabili è l'obbiettivo principale di questa analisi, assieme al confronto con i siti algerini, si rimanda una discussione più approfondita alla sezione 5.7.

Contemporaneamente alla creazione del modello si può avere una stima immediata di quanto questo sia preciso. Per comprenderne i risultati si deve però introdurre il concetto di *cutoff* che sarà molto utilizzato anche nella sezione successiva. Dal momento che i risultati della regressione logistica sono di fatto valori di probabilità, per poterci applicare alcuni test è spesso utile modificare i valori di probabilità in un tipo di risposta booleana si/no. Per fare questo è però necessario stabilire un valore soglia al di sotto del quale tutti i valori verranno considerati come indicanti la non presenza di un sito e quindi la presenza di un non sito, tutti i valori superiori indicheranno invece la presenza. Questo valore soglia è il valore di *cutoff*. A questo punto si valutano le percentuali di predizioni corrette effettuate analizzando gli stessi dati utilizzati per la creazione del modello. Il risultato di questo test è visibile in tabella 5.21.

Si può notare come la percentuale maggiore di predizioni corrette si ottiene tra 0.4 e 0.6 superando anche il 70 %. Questo valore tiene conto contemporaneamente sia dei siti che dei non siti. I risultati sembrano dunque incoraggianti e si può passare alla generazione e alla validazione del modello.

La scelta dei punti casuali Prima di procedere oltre è necessario sottolineare che anche in questa fase del procedimento è stato, per necessità intrinseca al tipo di analisi, utilizzato l'espedito del gruppo di controllo. Questo gruppo è stato creato 176 punti (il numero dei siti) attraverso campionamento casuale nelle località dove non sono stati ritrovati oleifici (vedi 5.4.1). Questo tipo di campionamento casuale però non porta sempre agli stessi risultati, se si ripetesse il test cento volte si otterrebbero dunque cento modelli leggermente diversi. Per questo motivo sono stati generati cento modelli con le variabili che si sono rivelate essere più significative, questi sono stati poi uniti in uno solo facendone la media.

Cutoff	Predizioni corrette %
0.35	0.6758242
0.4	0.6730769
0.45	0.6840659
0.5	0.7005495
0.55	0.6868132
0.6	0.6758242
0.65	0.6565934
0.7	0.6236264
0.75	0.6098901
0.8	0.5714286
0.85	0.5357143
0.9	0.5164835

Tabella 5.21: Predizioni corrette regressione logistica multi-variata

5.4.3 Generazione del modello

Applicando dunque l'equazione 4.2, attraverso lo strumento di analisi definito *Map Algebra*⁷¹, si ottiene una prima superficie di probabilità. Questa però non è espressa in valori facilmente comprensibili ed interpretabili, potendo trovarsi compresa tra più e meno infinito⁷². Per questo motivo si applica la trasformazione logistica⁷³ (Eq. 4.3) grazie alla quale si riducono i valori in un range tra 0 e 1, potendo così essere interpretati come espressioni di probabilità di presenza di un sito. Si arriva dunque ad ottenere un *raster* che rappresenta il modello predittivo definitivo (figura 5.32). Si riportano in primo luogo le sue caratteristiche principali in modo da avere immediatamente un'idea della sua composizione. Esse sono riassunte da GRASS⁷⁴ nei valori seguenti:

```
n: 429455
minimum: 0.000155652
maximum: 0.967091
range: 0.966935
mean: 0.429801
mean of absolute values: 0.429801
standard deviation: 0.238956
variance: 0.0570998
variation coefficient: 55.5968 %
sum: 184580.364759772
```

Si può subito notare che il valore massimo e quello minimo sono molto vicini agli estremi di 0 e 1 e quindi il modello copre tutto o quasi il range possibile dei valori. La media invece è minore di 0.5, il che indica una tendenza a indicare valore bassi di predittività. Questo è un vantaggio poiché se tutto il territorio fosse indicato come avente alta probabilità il modello avrebbe una scarsa utilità.

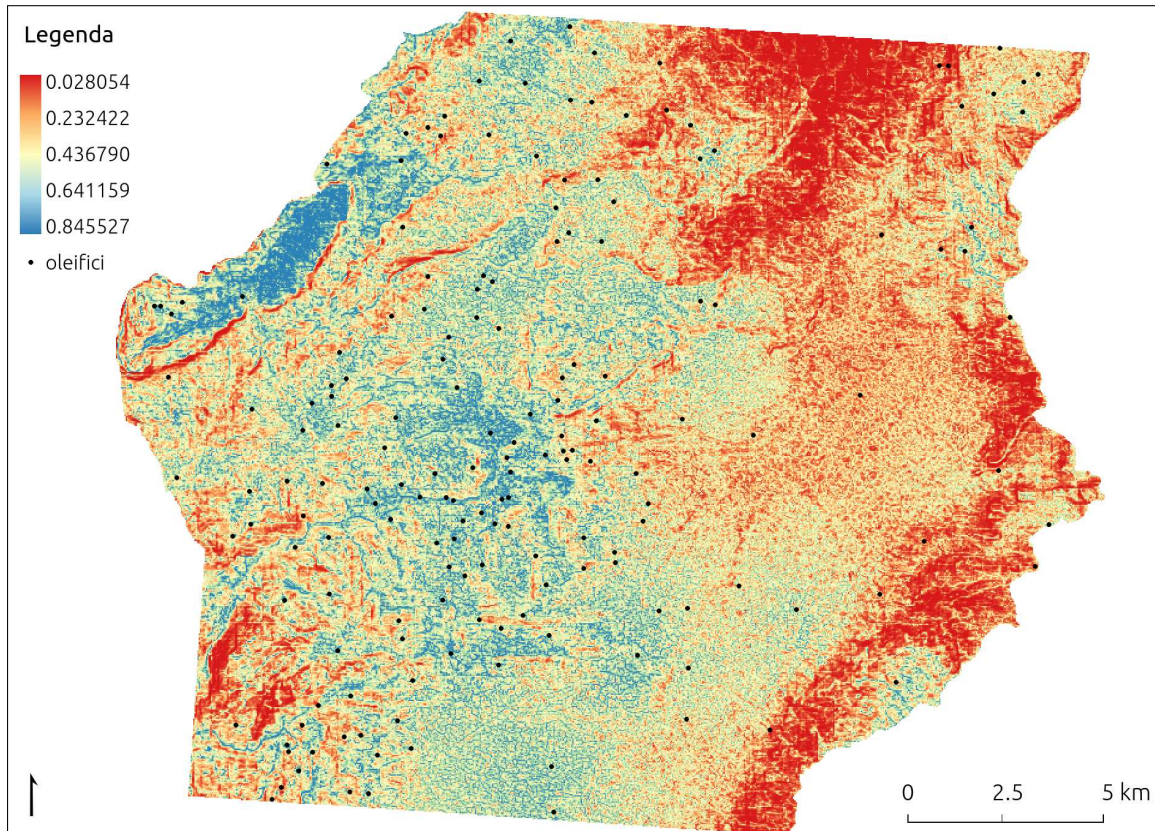
Osservando la rappresentazione grafica del modello in figura 5.32a si nota immediatamente come le zone rosse che rappresentano la scarsa predittività siano in effetti quasi sempre

⁷¹Scianna e Villa 2011, p. 350.

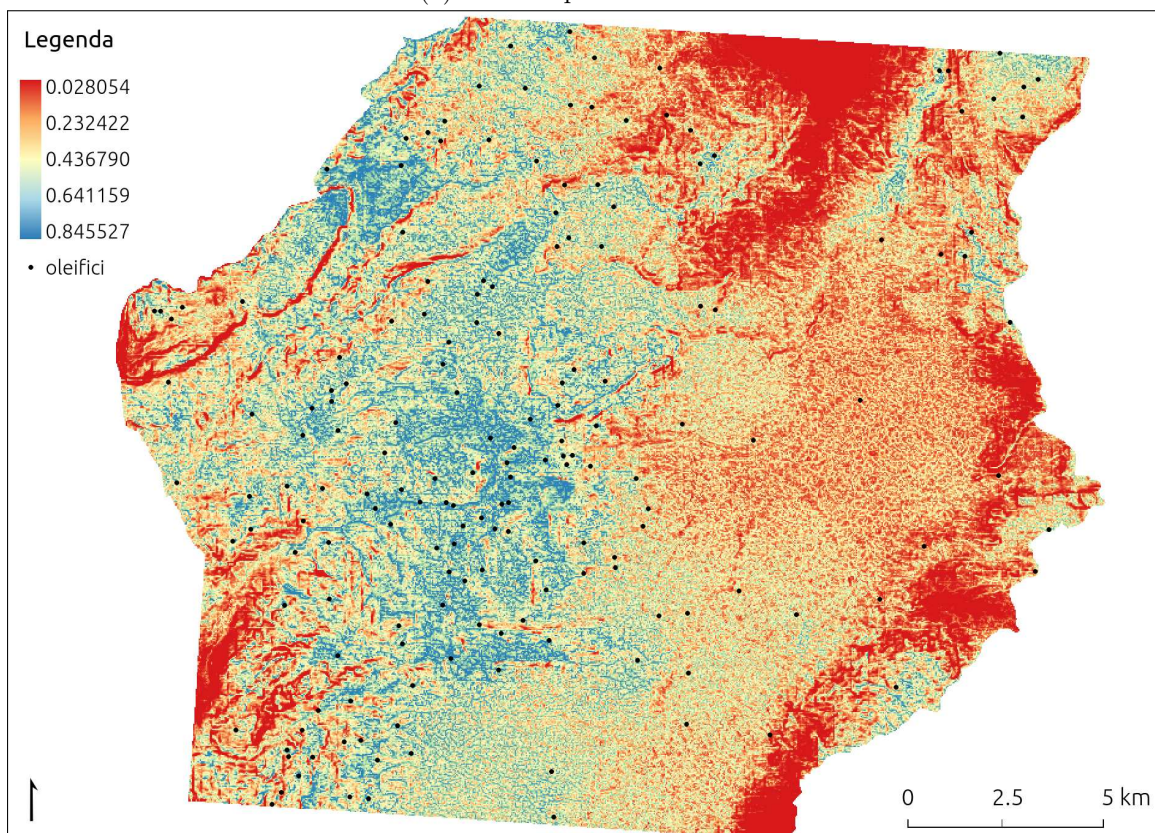
⁷²Kvamme 1988, p. 371.

⁷³ $\rho_i = \frac{e^{(L_i)}}{1+e^{(L_i)}} = \frac{1}{1+e^{(-L_i)}}$

⁷⁴Attraverso il comando `r.univar`



(a) Modello predittivo GLM



(b) Modello predittivo GAM

Figura 5.32: Comparazione tra modelli GLM e GAM (*Thugga Survey*)

prive di siti che tendono invece a disporsi nelle zone blu di alta predittività. Il modello sembra dunque essere attendibile. Le zone rosse si concentrano nelle zone montagnose e in particolare nelle zone caratterizzate da pendenze elevate ma anche in buona parte della valle dell'*oued Khalled* dove però i siti presenti sono svariati.

Approfondendo l'analisi però ci si rende conto di come la variabile dell'altitudine influenzi in modo scorretto il comportamento generale del modello. Si può infatti notare come le zone a maggiore altitudine, come il *Djebel Gorraa*, nelle zone non troppo pendenti sono caratterizzate da un'altissima probabilità. Ciò è dovuto alla modalità lineare con cui si considerano le variabili.

Non linearità delle variabili Durante la generazione del modello ci si è resi conto che alcune variabili sono sì continue ma non si possono ritenere aventi una relazione lineare con la presenza-assenza di siti. Questo è evidente dalla tabella del X^2 dell'altitudine (5.7), infatti all'aumentare dei valori di questa variabile non vi è un corrispondente aumento del numero di siti, o almeno questo non si verifica sempre. Osservando il grafico delle ogive (figura 5.19) si può notare come l'ogiva dei siti si distacchi anche notevolmente da quelle di *background* solo a partire dai 300 fino ai 700 metri circa, poi rientra per così dire nella normalità.

Per questo motivo sarebbe necessario utilizzare l'altitudine in maniera differente. Si è dunque trasformata la variabile continua in una categoriale in base a delle fasce di altitudine per poi riprocedere all'analisi logistica. Fatto questo però la variabile non risultava più essere significativa e il modello perdeva di efficacia. Dal momento che l'altitudine ha sempre dimostrato di essere una variabile significativa si è deciso di procedere in maniera differente applicando una tecnica di regressione logistica più avanzata, quella definita *Generalized additive models* (da qui in avanti abbreviata in GAM), invece di quella utilizzata fin qui (chiamata *Generalized linear model*, GLM). I GAM offrono infatti un avanzamento significativo rispetto ai GLM in quanto sostituiscono la componente lineare con una additiva che identifica e descrive i trend non lineari e gli effetti soglia che sono molto più comuni in natura rispetto a quelli lineari⁷⁵.

5.4.4 Validazione e confronto tra i modelli GLM e GAM

Le impressioni che possono essere tratte da questo tipo di analisi devono però essere validate statisticamente. La validazione del modello è un passaggio necessario per comprenderne l'effettiva utilità. Alla base di tutti i metodi di validazione ci sono due presupposti fondamentali⁷⁶:

- La predittività è espressa in probabilità.
- La capacità di predire i non-siti è importante almeno quanto la capacità di individuare i siti.

Il modello può essere validato statisticamente in numerosi modi e i risultati di questi test possono essere visualizzati graficamente o numericamente. L'obbiettivo è quello di definire l'accuratezza e la precisione del modello. Per accuratezza si intende la capacità del modello di individuare correttamente i siti e dunque un modello predittivo accurato dovrebbe essere in grado di predire un'alta percentuale di siti. Il concetto di precisione è invece legato alla capacità del modello di classificare le aree come zone ad alto o basso potenziale, maggiore

⁷⁵Kvamme 2006, p. 20.

⁷⁶Conolly e Lake 2006, p. 184.

sarà la precisione, minore sarà l'estensione delle aree classificate come ad alto potenziale di presenza di siti⁷⁷.

Il procedimento di validazione generalmente si attua nella prima fase sugli stessi dati che hanno portato alla sua creazione. Questo è il passaggio preliminare per verificare se ci siano stati errori nel procedimento oppure se gli stessi dati di partenza ne hanno permesso la definizione di uno corretto. Infatti se il modello non predice correttamente nemmeno i siti a partire dai quali è stato costruito e non ci sono stati errori di procedura, allora significa che i siti non hanno una sufficiente sensibilità alle variabili considerate. Nella fase successiva, il modello dovrebbe essere testato utilizzando dati provenienti da un *dataset* indipendente e rappresentativo⁷⁸. Questo passaggio risulta tuttavia di difficile applicazione in quanto non sempre si dispone di tali dati, una soluzione che si può utilizzare è allora quella di creare il modello predittivo a partire da solo una parte di dati e poi testarlo sull'altra⁷⁹. Questa metodologia sarà utilizzata anche in questo lavoro come test per verificare se il modello costruito usando solo una parte dei siti varierebbe significativamente rispetto a quello costruito utilizzando tutti i siti dell'area studiata.

I metodi che si preferiscono sono quelli più semplici e conseguentemente quelli molto più utilizzati in lavori simili a questo. Test che misurino dunque l'utilità del modello in termini facilmente comprensibili e che possano essere in seguito utilizzati per confrontare i risultati ottenuti dallo stesso modello applicato su altre zone.

KST e chi-quadro

In un primo momento si valuterà il modello predittivo come fosse una variabile e si andranno quindi ad effettuare gli stessi test che sono stati già visti in precedenza nella fase di valutazione bivariata. Il test del *chi-quadro* e il *KST test*, che sarà qui applicato direttamente al *raster* di predittività in modo da verificare se vi sia una correlazione tra questo e la disposizione dei siti.

KST p-value: 0

Siti con pressa: X-squared: 143.26, df: 9, p-value: 0

Siti senza pressa: X-squared: 126.08, df: 9, p-value: 0

Come atteso il test risulta essere molto significativo, come si può vedere in figura 5.33 dove le ogive dei punti *random* sono molto distanti da quella dei siti.

Analizzando invece la tabella del X^2 (5.22) è possibile avere delle prime indicazioni su come si comporta il modello nelle varie fasce di predittività. Si passa infatti dalle aree di bassa probabilità dove i siti sono molto sotto-rappresentati, a fasce di media probabilità dove i siti attesi equivalgono più o meno quelli effettivamente attestati, per poi passare alle fasce di alta probabilità dove i siti sono sovra-rappresentati.

Questo sicuramente è il comportamento che ci si attendeva e anche questo test porta a valutare positivamente l'attendibilità del modello. Gli altri siti si comportano in maniera simile, anche se il X^2 è maggiore per i siti con pressa che quindi sembrano essere individuati meglio rispetto agli altri. Da questo confronto si può dunque ottenere l'indicazione che il modello, benché creato sulla base dei dati relativi ai siti con pressa, individua in maniera piuttosto buona anche gli altri siti indicando dunque che non vi sia una sostanziale differenziazione nelle scelte insediative. Questo è un fatto rilevante che meriterebbe di essere analizzato più approfonditamente in seguito.

⁷⁷Whitley 2010, p. 312.

⁷⁸Verhagen 2008, p. 288.

⁷⁹Witcher e Keay 2010, p. 279.

Classe	Area	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:0.1	12.67	0	22.3	22.30	10.00	45.23	27.44
0.1:0.2	12.98	3	22.8	17.24	30.00	46.34	5.76
0.2:0.3	13.65	3	24.0	18.40	40.00	48.72	1.56
0.3:0.4	13.95	13	24.5	5.43	50.00	49.79	0.00
0.4:0.5	13.54	22	23.8	0.14	52.00	48.35	0.27
0.5:0.6	11.47	20	20.2	0.00	43.00	40.95	0.10
0.6:0.7	9.54	36	16.8	22.00	40.00	34.04	1.04
0.7:0.8	7.50	44	13.2	71.80	44.00	26.79	11.06
0.8:0.9	4.29	33	7.6	85.73	39.00	15.32	36.59
0.9:1	0.41	2	0.7	2.26	9.00	1.47	38.70
Totale	100.00	176	176.0	245.29	357.00	357.00	122.54

(a) Oleifici GAM

Classe	Area	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:0.1	9.37	1	16.5	14.56	3.00	33.46	27.73
0.1:0.2	12.43	1	21.9	19.92	28.00	44.38	6.05
0.2:0.3	14.40	4	25.4	17.98	46.00	51.42	0.57
0.3:0.4	14.85	17	26.1	3.19	41.00	53.00	2.72
0.4:0.5	14.36	22	25.3	0.43	58.00	51.28	0.88
0.5:0.6	12.81	28	22.6	1.32	57.00	45.75	2.77
0.6:0.7	10.41	35	18.3	15.16	45.00	37.18	1.65
0.7:0.8	7.46	44	13.1	72.53	40.00	26.64	6.70
0.8:0.9	3.44	21	6.0	36.95	32.00	12.27	31.73
0.9:1	0.45	3	0.8	6.08	7.00	1.62	17.89
Totale	100.00	176	176.0	188.12	357.00	357.00	98.68

(b) Altri siti GAM

(c) Oleifici GLM

(d) Altri siti GLM

Tabella 5.22: Test del X^2 applicato ai modelli GAM e GLM, oleifici (a-c), altri siti (b-d)**Kvamme's T e Kvamme's Gain**

Il secondo test è stato proposto da Kvamme⁸⁰ e serve per verificare se la posizione di un sito ha maggior possibilità di essere classificata come tale rispetto ad un non-sito, indicando quindi se il modello ha un'utilità predittiva. Per compiere questo test, dato che il modello generato è espresso in probabilità, è necessario riclassificarlo stabilendo un limite al di sopra del quale la posizione sarà considerata come indicante la presenza in caso contrario l'assenza di siti. Si genera così una tabella che indica per ognuno di questi limiti:

- (a) sono i siti predetti (individuati correttamente)
- (b) sono i siti non predetti (individuati erroneamente)
- (c) sono i non siti predetti (individuati erroneamente)
- (d) sono i non siti non predetti (individuati correttamente)

⁸⁰Kvamme 1988, pp. 400-2.

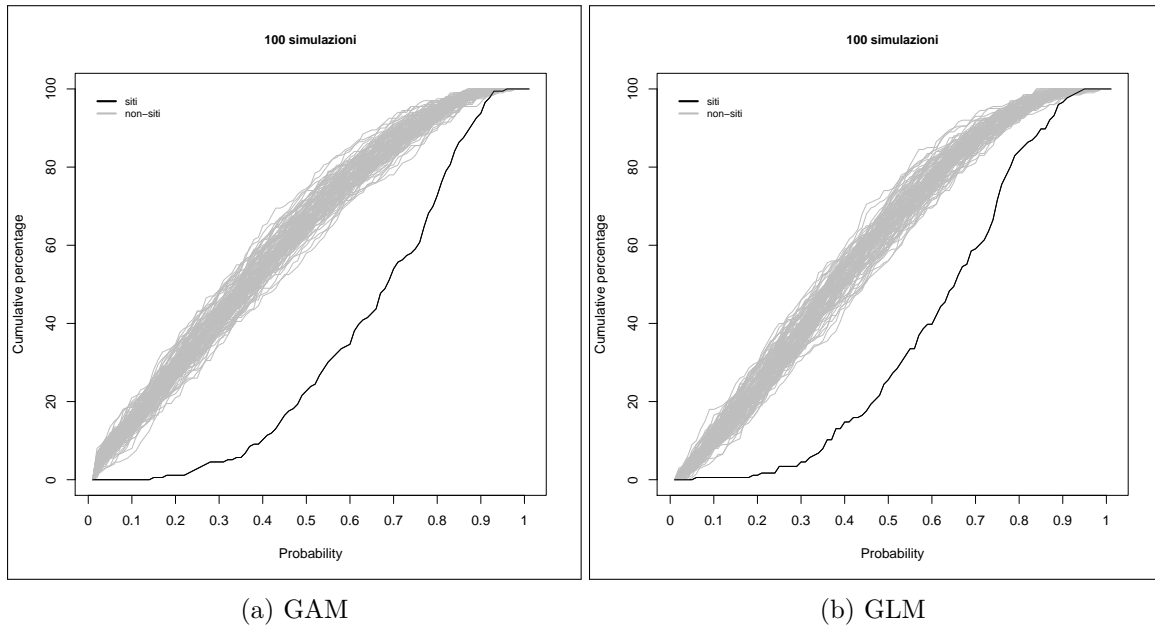


Figura 5.33: Grafico ogive per il modello GAM (a) e GLM (b), *Thugga Survey*

A partire da questi valori si applica la seguente formula:

$$T = \frac{N(ad - bc)^2}{n_1 n_2 (a + c)(b + d)}$$

Dove n_1 è il numero di siti, n_2 è il numero di non-siti e N è la somma dei due. Maggiore sarà il valore di T minore sarà il valore del p -value e di conseguenza l'attendibilità del modello.

In tabella 5.23 si possono leggere i valori per risultanti da questo test, come si può notare per ognuno dei valori la T è decisamente elevata comportando quindi anche un p -value molto basso e sempre significativo. Anche questo test conferma dunque la bontà del modello realizzato. Con un altro test si andrà a verificare, in base ad altri fattori, quale sia la reale utilità del modello per le varie classi.

Anche questo test fu definito da Kvamme⁸¹. Esso mira a stimare per ognuna delle classi definite in precedenza quale sia l'utilità del modello. Infatti se all'interno di una data area la percentuale dei siti presenti non è significativamente maggiore rispetto alla percentuale di superficie di quella stessa area allora si può sostenere che il modello non fornisca informazioni utili. La formula è piuttosto semplice:

$$G = 1 - \frac{(\text{Percentuale superficie modello})}{(\text{Percentuale di siti presenti})}$$

In tabella 5.24 si possono valutare i risultati di questo test per le varie fasce di probabilità. Il risultato aumenta man mano che aumenta il livello di probabilità e più alto è il valore, maggiore è il *gain* in quella fascia di probabilità.

Per visualizzare graficamente le *performances* del modello si possono disegnare su un grafico due curve che rappresentano rispettivamente i siti e i non siti. L'asse delle ascisse rappresenta i livelli di predittività mentre quello delle ordinate la percentuale delle previsioni corrette. In figura 5.34 è possibile quindi osservare come il punto di massima predittività del modello, quello in cui si incrociano le due linee, si trovi nella fascia di predittività che va tra lo 0.5 e lo 0.6 nella quale si prevedono correttamente circa il 70% dei siti e dei non siti.

⁸¹Kvamme 1988, p. 329.

Valori	a	b	c	d	Kvamme's T	p-value
>0.1	176	0	159	17	18.28	0.000019064180522
>0.2	174	2	136	40	39.95	0.000000000260241
>0.3	168	8	112	64	56.04	0.000000000000071
>0.4	156	20	87	89	64.75	0.000000000000001
>0.5	134	42	64	112	57.89	0.000000000000028
>0.6	109	67	37	139	62.09	0.000000000000003
>0.7	78	98	20	156	48.68	0.000000000003008
>0.8	42	134	13	163	18.55	0.000016580754142
>0.9	6	170	2	174	2.09	0.147840891403912

(a) GAM

Valori	a	b	c	d	Kvamme's T	p-value
>0.1	175	1	159	17	15.25	0.000094220732298
>0.2	173	3	136	40	36.90	0.000000001244875
>0.3	168	8	112	64	55.71	0.000000000000084
>0.4	150	26	87	89	52.15	0.000000000000514
>0.5	128	48	64	112	47.75	0.000000000004845
>0.6	102	74	37	139	51.10	0.000000000000876
>0.7	70	106	20	156	37.97	0.000000000719073
>0.8	26	150	13	163	4.96	0.025971088565719
>0.9	4	172	2	174	0.69	0.406160440813015

(b) GLM

Tabella 5.23: Kvamme's T per il modello predittivo GAM (a) e GLM (b)

5.5 Comparazione modelli a risoluzione diversa

Giunti a questo punto si possono chiarire le modalità che hanno portato alla scelta della risoluzione del modello descritto sopra e delle implicazioni che questa impostazione ha nella valutazione delle variabili. Si ripercorreranno velocemente i passaggi analizzati più approfonditamente nelle sezioni precedenti.

Valutazione variabili

Come già accennato nella sezione 3.4.3 la variazione della risoluzione ha influenza sostanzialmente solo sulle variabili di tipo continuo, saranno quindi analizzate solo queste ultime, per brevità si ometterà dunque di riportare il test del *chi-quadro* che risulta determinante solo per le variabili categoriali.

Smirnov-test Per quanto riguarda questo test l'unica variazione degna di nota riguarda il modello a 90 m che mantiene come significativa la distanza di costo dai fiumi che negli altri modelli invece era l'unica ad essere esclusa già in questo passaggio. Questa viene poi comunque scartata con il test successivo che dunque conferma la sua utilità nella valutazione bivariata delle variabili.

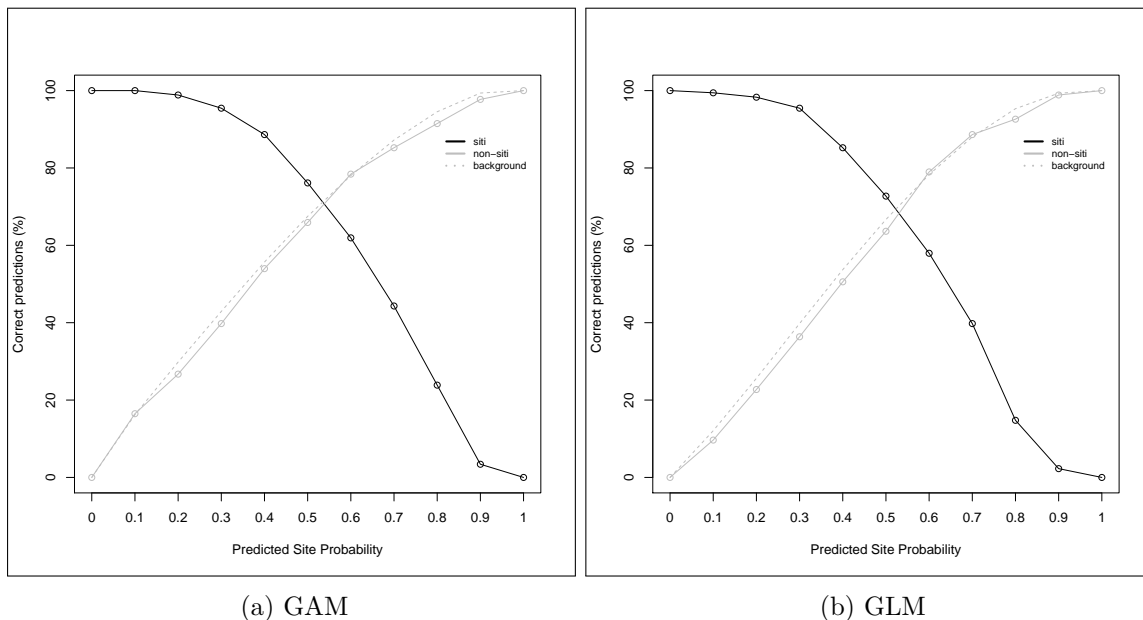
Prob.	Area %	Ole. %	K's gain
>0.1	83.8	100.0	0.16
>0.2	70.2	98.9	0.29
>0.3	57.1	95.5	0.40
>0.4	44.3	88.6	0.50
>0.5	32.5	76.1	0.57
>0.6	21.9	61.9	0.65
>0.7	12.8	44.3	0.71
>0.8	5.5	23.9	0.77
>0.9	0.6	3.4	0.82

(a) GAM

Prob.	Area %	Ole. %	K's gain
>0.1	87.9	99.4	0.12
>0.2	74.4	98.3	0.24
>0.3	60.2	95.5	0.37
>0.4	46.3	85.2	0.46
>0.5	33.3	72.7	0.54
>0.6	21.7	58.0	0.63
>0.7	12.0	39.8	0.70
>0.8	4.7	14.8	0.68
>0.9	0.7	2.3	0.70

(b) GLM

Tabella 5.24: Kvamme's gain applicato al modello predittivo GAM (a) e GLM (b)

Figura 5.34: Confronto dei grafici di predizioni corrette per GAM e GLM (*Thugga Survey*)

Regressione logistica semplice In tabella 5.25 si possono notare le differenze delle valutazioni nella regressione logistica semplice. Questa riporta il numero di test che sono risultati significativi al 95% ($p < 0.05$) nel corso delle 100 ripetizioni effettuate con lo scopo di ridurre l'effetto della casualità del gruppo di controllo (vedi sezione 5.4.2). Se nel modello a 30 metri tutte le variabili risultano essere sempre significative, o comunque nella grande maggioranza dei casi, man mano che aumenta la dimensione della cella il numero di risultati non significativi aumenta considerevolmente, soprattutto per quanto riguarda la distanza di costo dalle città (c_cost) e l'inclinazione ($slope$).

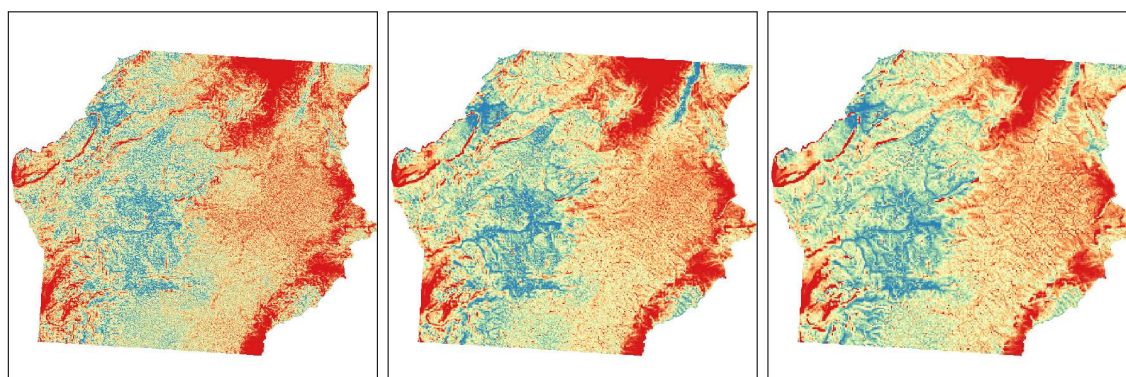
Variabile	Positivi	Negativi	Positivi	Negativi	Positivi	Negativi
dem	93	7	91	9	96	4
slope	100	0	95	5	54	46
tidx	100	0	99	1	96	4
pcurv	100	0	100	0	100	0
f cost	0	100	3	97	0	100
s cost	100	0	100	0	99	1
c cost	63	37	72	28	57	43

(a) 30 m

(b) 60 m

(c) 90 m

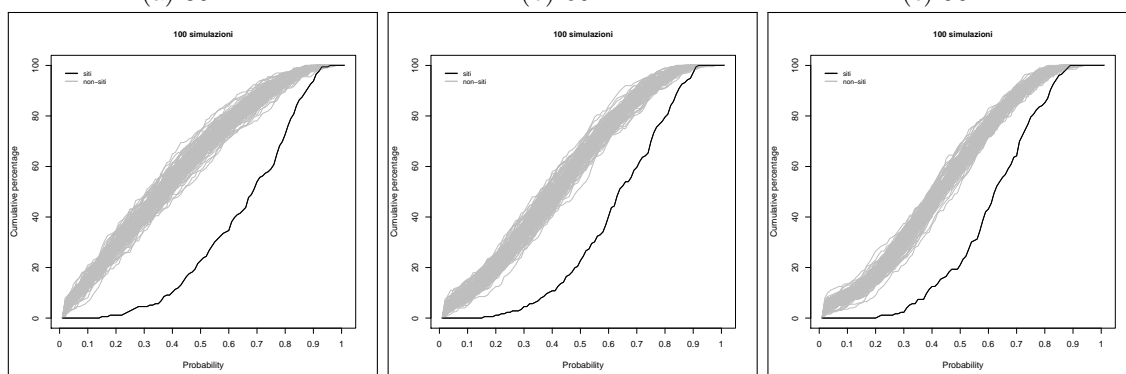
Tabella 5.25: Risultati significativi e non per modelli 30 (a) 60 (b) e 90 m (c)



(a) 30 m

(b) 60 m

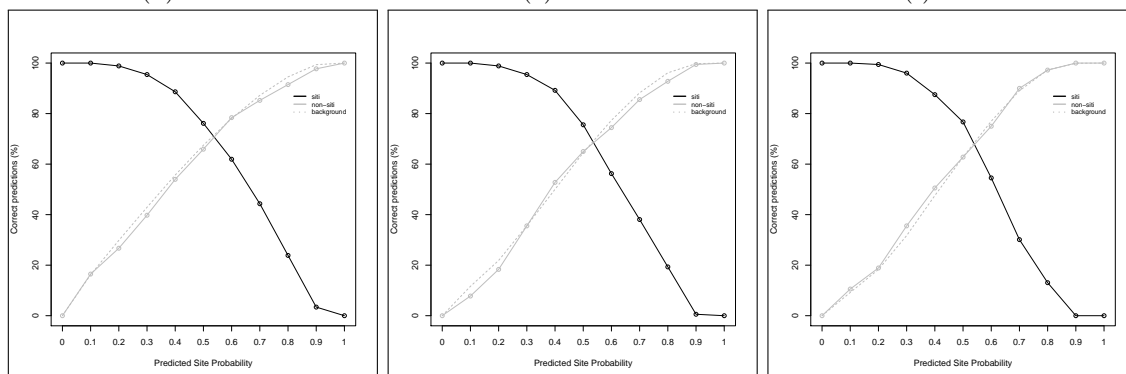
(c) 90 m



(d) 30 m

(e) 60 m

(f) 90 m



(g) 30 m

(h) 60 m

(i) 90 m

Figura 5.35: Valutazione comparativa dei modelli a risoluzione differente

Modelli

In figura 5.35 sono riportati i grafici di validazione dei tre modelli e nelle tabelle 5.26 e 5.27 i risultati dei due test proposti da Kvamme.

Prob.	K's gain	Area %	Ole. %	K's gain	Area %	Ole. %	K's gain
>0.1	0.13	88.4	100.0	0.12	90.8	100.0	0.09
>0.2	0.24	78.1	98.9	0.21	81.7	99.4	0.18
>0.3	0.37	64.4	95.5	0.33	68.3	96.0	0.29
>0.4	0.48	50.0	89.2	0.44	52.4	87.5	0.40
>0.5	0.57	35.5	75.6	0.53	37.2	76.7	0.51
>0.6	0.67	22.7	56.2	0.60	23.0	54.5	0.58
>0.7	0.73	11.8	38.1	0.69	10.9	30.1	0.64
>0.8	0.76	3.9	19.3	0.80	2.7	13.1	0.79
>0.9	0.64	0.2	0.6	0.60	0.1	0.0	-

(a) 30 m (b) 60 m (c) 90 m

Tabella 5.26: Kvamme's gain dei modelli 30 (a), 60 (b) e 90 m (c)

Valori	Kvamme's T	Kvamme's T	Kvamme's T
>0.1	24.75	14.33	19.63
>0.2	35.24	29.85	33.69
>0.3	58.90	53.34	55.58
>0.4	72.12	72.46	59.48
>0.5	66.71	59.52	56.52
>0.6	59.87	34.93	32.48
>0.7	51.20	25.88	22.55
>0.8	19.42	11.43	13.00
>0.9	2.02	0.00	-

(a) 30 m (b) 60 m (c) 90 m

Tabella 5.27: Kvamme's T dei modelli 30 (a), 60 (b) e 90 m (c)

Risulta dunque evidente come il modello costruito in base ad una risoluzione di 30 metri sia senza dubbio il più performante in tutti i test di validazione.

Nelle figure 5.35a, 5.35b e 5.35c si può notare come all'aumentare della dimensione della cella si riscontri una "smussatura" dei livelli di predittività e un aumento di estensione delle zone di predittività più alta e ciò è la causa principale della diminuzione dei valori di *gain* che si possono osservare in tabella 5.26.

Nelle figure 5.35d, 5.35e e 5.35f, che riportano le ogive della percentuale cumulativa di siti e di cento campioni *random*, si può osservare come all'aumentare della dimensione della cella si verifichi un progressivo avvicinamento dell'ogiva dei siti (in nero) a quelle dei campioni casuali (in grigio), anche questo test indica dunque una progressiva diminuzione della capacità predittiva del modello, anche se il test di Kolmogorov-Smirnov naturalmente resta significativo, con un *p-value* che si può approssimare a 0 per tutti i tre modelli.

La risoluzione minore è dunque quella che ha dato i migliori risultati, per questo è stata quella utilizzata nella generazione del modello riportato nelle sezioni precedenti e sarà quella

utilizzata per la validazione con siti provenienti dall'altro territorio, in Algeria, nel Parco nazionale di *El Kala*, (*PNEK Survey*).

5.6 Validazione con i siti in Algeria

Si è deciso inizialmente di testare il modello su due sotto-zone che apparivano le più simili alla regione del *Thugga Survey*, almeno a livello geomorfologico, sono la valle di *Oued Jenane* e quella di *Oued el Hout*. I confini del territorio oggetto di analisi sono stati scelti anche in questo caso facendoli corrispondere ai due bacini idrografici dei due *oueds* eponimi. Il limite di *Oued Jenane* a nord est è dettato dalla frontiera Algeria-Tunisia e dunque dal limite della ricognizione mentre per quanto riguarda *Oued el Hout* si è considerata solo una parte della grande pianura che porta al *Lac Tonga*, pianura nella quale non è stata riscontrata la presenza di nessun sito.

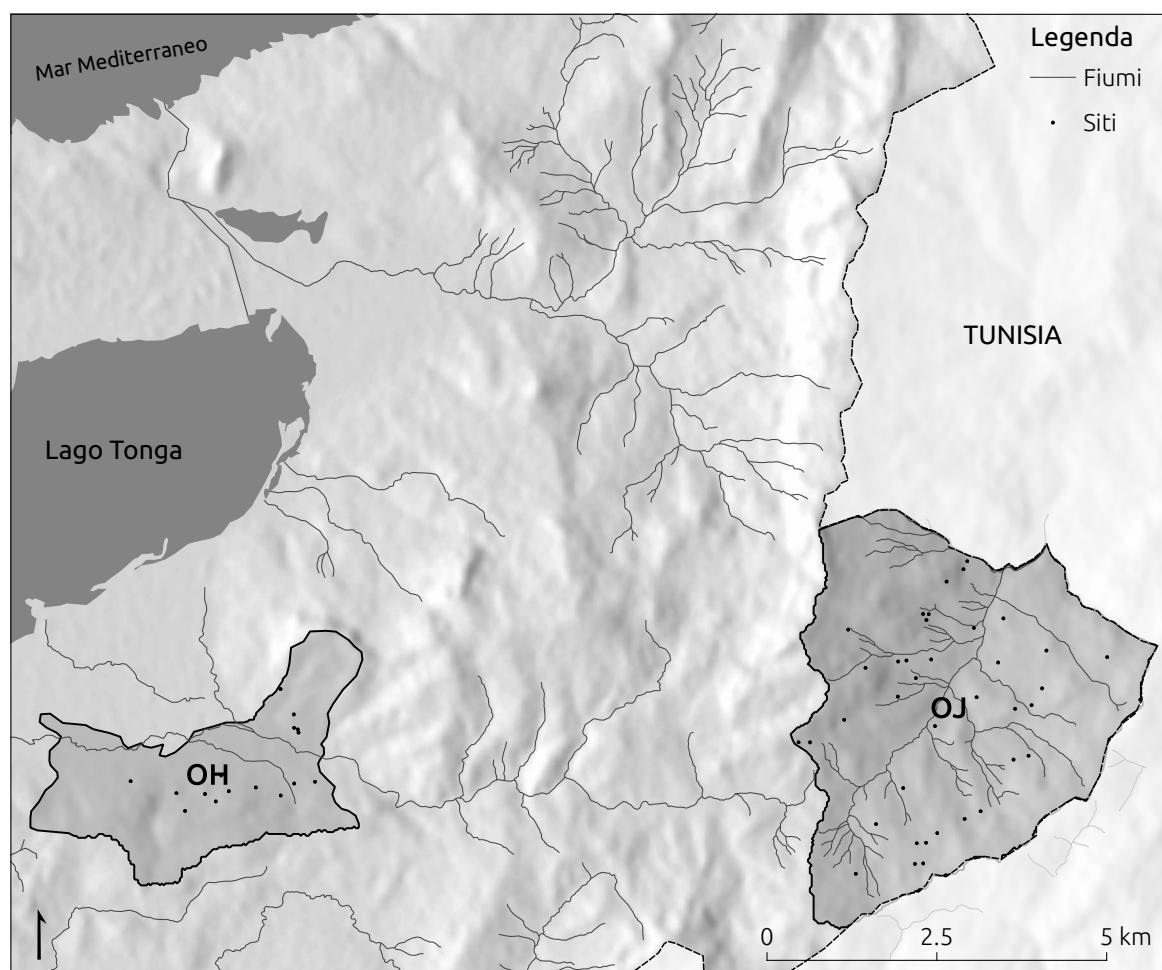


Figura 5.36: Collocazione geografica delle sotto-zone OH e OJ (*PNEK Survey*)

5.6.1 Modifiche apportate al modello

Le differenze tra il territorio indagato nell'alto Tell tunisino e quello del nord-est algerino impone di effettuare delle considerazioni e delle modifiche prima di poter applicare il modello alla nuova situazione.

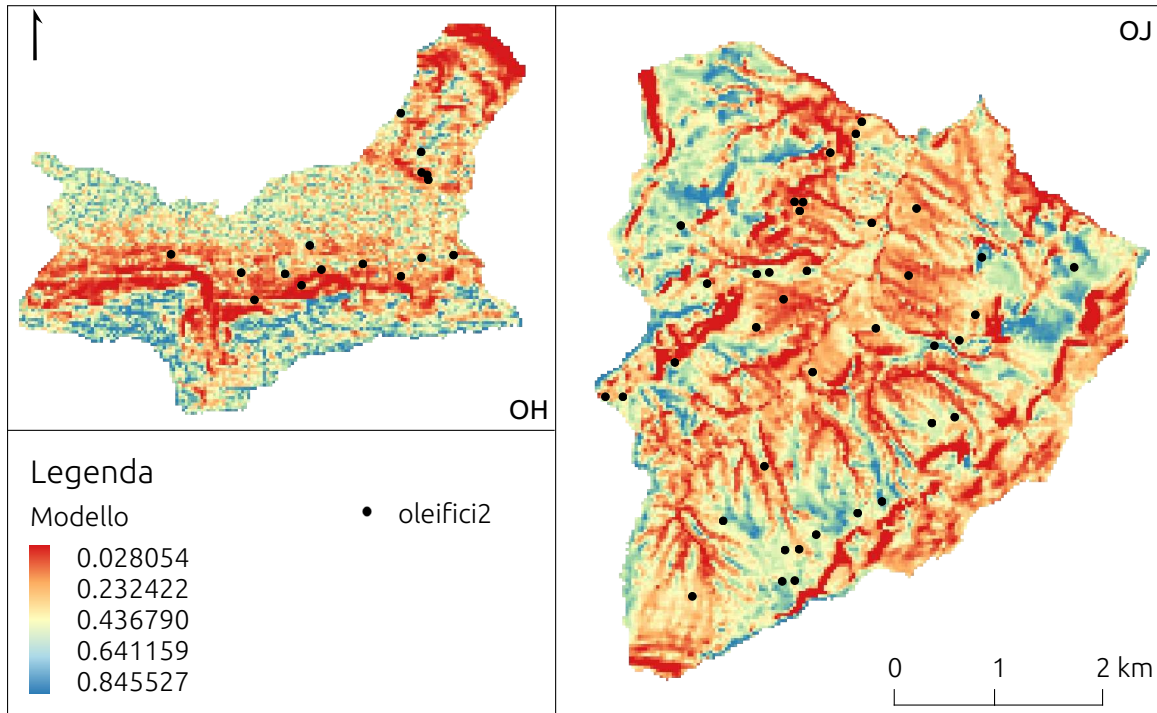


Figura 5.37: Modello predittivo applicato ad OH e OJ (*PNEK Survey*)

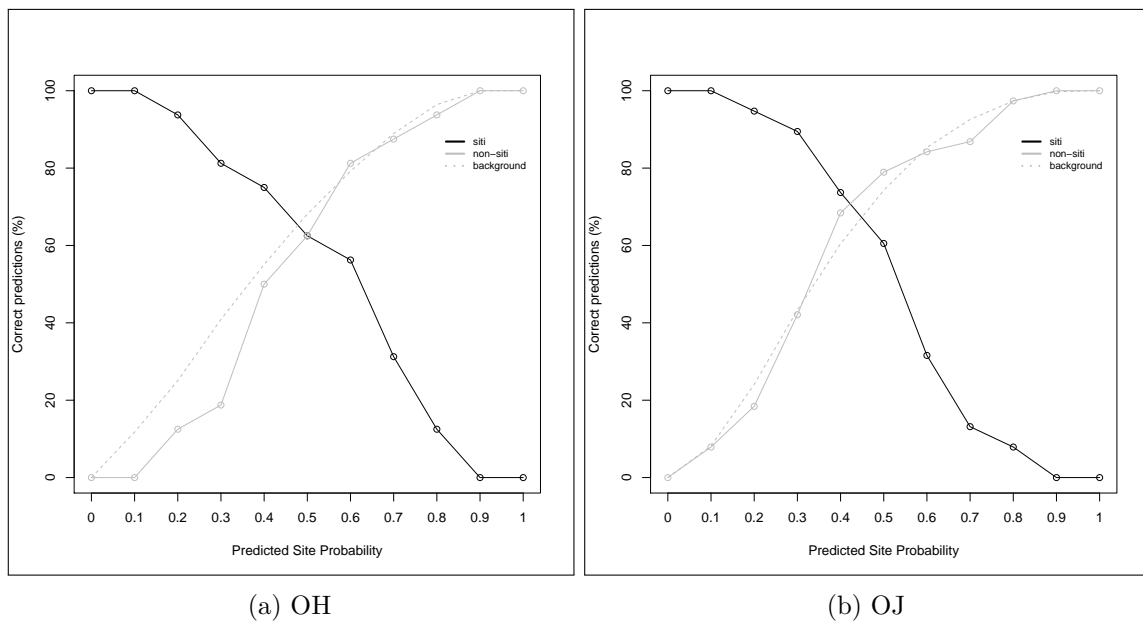
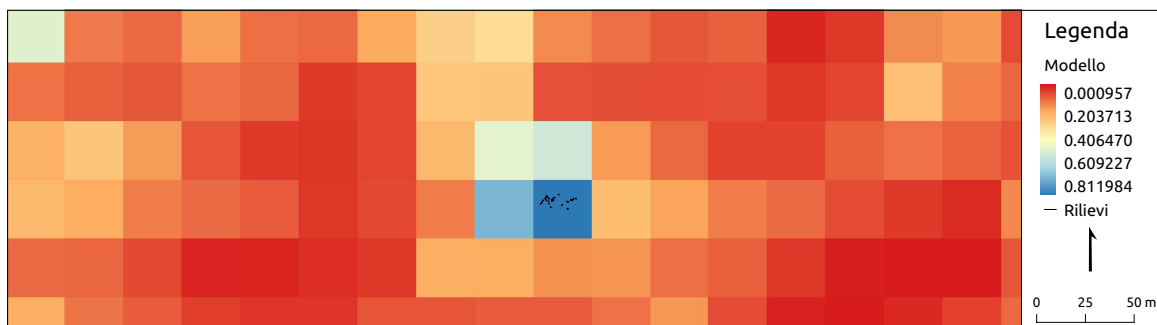


Figura 5.38: Confronto dei grafici di predizioni corrette (*PNEK Survey*)



170 Figura 5.39: Zona ad alta predittività all'interno di zone a bassa predittività

L'assenza di città, che inizialmente era sembrata una caratteristica determinante nella scelta insediativa, è invece stata esclusa dall'analisi multi-variata che ha ritrovato in altre variabili quelle più rilevanti. Non ci trova dunque nella necessità di escludere questa variabile e i due insediamenti possono essere comparati direttamente. Prima di poter procedere si è rivelato necessario invece modificare un'altra variabile, l'altitudine. Infatti inizialmente applicando il modello creato ai i siti tunisini il risultato era negativo, la maggior parte della superficie di entrambe le aree risultava essere a scarsissima probabilità di rinvenimento siti. Analizzando le possibili cause è subito apparso chiaro come fosse proprio questa variabile a causare questo comportamento del modello, infatti il *range* di altitudini è piuttosto differente tra i due territori si va da 0 a 550 metri circa nelle zone algerine mentre si ricorda che la zona tunisina variava dai 150 ai 950 metri. Quasi tutto il territorio algerino rientrava dunque nella zona più bassa tunisina, che il modello considerava come scarsa la probabilità di incontrare siti.

Per rimediare a questo errore, considerate le osservazioni che verranno analizzate approfonditamente nella sezione 5.7, è sembrato corretto modificare le modalità in cui viene utilizzata questa variabile. Invece di mantenere il suo valore assoluto in metri sopra il livello del mare si è ritenuto necessario riclassificarla in un valore percentuale (0-100) basato sul valore massimo e minimo riscontrati in ogni zona. Ciò non modifica il risultato nel modello iniziale ma permette una possibilità di confronto maggiore tra i due territori, nonostante questa riclassificazione, essa mantiene inoltre anche la sua caratteristica di variabile continua.

Per fare ciò è stato necessario correggere preventivamente anche il modello di partenza in modo che anch'esso considerasse la variabile in questo modo⁸².

A seguito dell'eliminazione della distanza di costo dalle città e della modifica dell'altitudine è stato generato un nuovo modello che è stato possibile applicare anche ai due territori algerini. In figura 5.37 sono riportate le loro rappresentazioni cartografiche.

Oued el Hout e Oued Jenane

Vengono presentati solo i risultati dei test proposti da Kvamme che precedentemente si sono verificate i più utili nell'interpretazione dei risultati.

Prob.	Area %	Ole. %	K's gain	Area %	Ole. %	K's gain
>0.1	88.2	100.0	0.12	91.8	100.0	0.08
>0.2	74.9	93.8	0.20	75.9	94.7	0.20
>0.3	59.1	81.2	0.27	56.7	89.5	0.37
>0.4	44.9	75.0	0.40	39.6	73.7	0.46
>0.5	31.9	62.5	0.49	25.7	60.5	0.57
>0.6	20.8	56.2	0.63	14.7	31.6	0.54
>0.7	11.1	31.2	0.65	7.4	13.2	0.44
>0.8	3.6	12.5	0.71	2.6	7.9	0.67
>0.9	0.0	0.0	-Inf	0.2	0.0	-Inf

(a) Kvamme's Gain

(b) Kvamme's T

Tabella 5.28: Kvamme's gain applicato al modello predittivo OH (a) e OJ (b)

Si può notare come i risultati numerici e grafici di questi test risultino essere tutto sommato positivi escludendo il Kvamme's T che risulta essere negativo per OH⁸³. Andando

⁸²I risultati esposti nella sezione precedente sono già basati sulla variabile riclassificata.

⁸³Risultato che peraltro può essere influenzato dalla relativa scarsità numerica dei siti in questa zona.

Valori	a	b	c	d	Kvamme's T		p-value
>0.1	16	0	16	0			
>0.2	15	1	14	2	0.37	0.544197098267807	
>0.3	13	3	13	3	0.00	1.0000000000000000	
>0.4	12	4	8	8	2.13	0.144127034816016	
>0.5	10	6	6	10	2.00	0.157299207050285	
>0.6	9	7	3	13	4.80	0.028459736916311	
>0.7	5	11	2	14	1.65	0.199543244894331	
>0.8	2	14	1	15	0.37	0.544197098267807	
>0.9	0	16	0	16			

(a) OH

Valori	a	b	c	d	Kvamme's T		p-value
>0.1	38	0	35	3	3.12	0.077180917917983	
>0.2	36	2	31	7	3.15	0.075884534656483	
>0.3	34	4	22	16	9.77	0.001772446800982	
>0.4	28	10	12	26	13.51	0.000237155080500	
>0.5	23	15	8	30	12.26	0.000463251746962	
>0.6	12	26	6	32	2.62	0.105478588382070	
>0.7	5	33	5	33	0.00	1.0000000000000000	
>0.8	3	35	1	37	1.06	0.304231052999900	
>0.9	0	38	0	38			

(b) OJ

Tabella 5.29: Kvamme's T per il modello predittivo nelle zone di OH (a) e OJ (b)

però a verificare la riproduzione cartografica di questi due modelli si ha un'impressione di una scarsissima individuazione dei siti. Ampie zone ad alto potenziale infatti non sono occupate da nessun sito. A *Oued el Hout* i siti sembrano addirittura concentrarsi in una delle zone a più basso potenziale. Ciò è dovuto in realtà alla possibilità di incontrare zone ad alta probabilità all'interno di zone a bassa probabilità e la risoluzione della figura 5.37 non permette di cogliere questi mutamenti, nascosti dalla dimensione del punto indicante il sito, in figura 5.38 si può osservare meglio questo fenomeno. Ciononostante è importante analizzare per quale motivo il modello, benché ancora in grado di identificare i siti con una precisione almeno sufficiente, individui zone ad alta predittività completamente sprovviste di siti.

La spiegazione che si verifica soprattutto nella zona sud di *Oued el Hout* e in quella nord ovest di *oued Jenane* sembra si debba ricondurre ancora una volta alla variabile dell'altitudine benché essa sia ora considerata in modo proporzionale agli estremi registrati in ogni singola regione. Essa considera appunto gli estremi e in entrambi i casi le zone più alte di una dei due versanti della valle sono più alti dell'altro. Le altezze massime, che sono considerate come "repulsive" dal modello saranno dunque solo quelle di uno dei due versanti, quello nord in caso di OH e quello sud nel caso di OJ, di conseguenza i versanti opposti saranno considerati come altitudini medie e dunque come zone "attrattive".

Si deve però considerare quali siano i fattori realmente in grado di modificare la scelta insediativa. Il caso dell'altitudine è senza dubbio esemplare a tal proposito. Infatti questa variabile benché si sia rilevata estremamente significativa ricopre un ruolo di non immediata comprensione. Dando per assodato che il valore intrinseco dell'altitudine sia trascurabile, nel

senso che i suoi valori massimi o minimi non minano le possibilità insediative, è evidente come la sua significatività dipenda da fattori secondari. Condizioni che si verificano a determinate quote, ma che non ne dipendono direttamente. In questo senso si è interpretato la scarsa probabilità di incontrare siti nelle zone ad altitudine minore come dovuta ad un insieme di fattori:

- Maggiore sfruttamento del suolo per l'agricoltura moderna e conseguente minore presenza di siti
- Maggior possibilità di trovare, alle basse altitudini, zone insalubri e dunque da evitare (come è evidente a *Oued el Hout*)
- Alle basse altitudini si trovano pianure tendenzialmente sfruttate per la cerealicoltura e di qui la scarsità di oleifici

Le medie quote potrebbero essere considerate migliori anche per motivi difensivi soprattutto in epoca tardo-antica-bizantina, si ipotizza infatti che le alte altitudini fossero generalmente evitate per due motivi:

- Minore accessibilità in generale
- Maggiori difficoltà lavorative, è preferibile coltivare zone più alte di quelle in cui si effettua la spremitura poiché in caso contrario sarebbe necessario trasportare verso l'alto le olive da pressare per poi dovere riportare in basso il prodotto finito per la vendita e ciò comporterebbe un lavoro doppio

Nel caso di *Oued el Hout* ciò è evidente, infatti le zone con altitudini più basse sono zone tendenzialmente paludose, l'assenza di siti nella fascia dai 0 ai 35 metri è riconosciuta dal modello che dunque indica le fasce basse di terreno come zona a bassa probabilità. Ciò porta dunque ad un risultato corretto ma attraverso motivazioni sbagliate.

5.6.2 Area estesa

Viste le difficoltà nell'interpretare le risposte del modello in zone di estensione così ridotta si è deciso di estenderne l'applicazione ad una zona più ampia. In figura 5.40 si può osservare l'estensione, i confini di quest'area che comprende una superficie di 90 km², come negli altri casi, sono stati definiti in base ai bacini idrografici.

Osservando come si comporta il modello nella sua rappresentazione cartografica (figura 5.40) si può osservare come una grande area centrale riportata come ad alta probabilità di presenza di siti risulti invece non occupata. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che essa è attualmente la zona maggiormente antropizzata, essa è occupata in buona parte dalla cittadina di *El Aioun* e dunque i siti antichi, ove fossero stati presenti, sono scomparsi. Nonostante questo i risultati in questo caso sono migliori rispetto a quelli ottenuti per le due zone prese singolarmente e sono paragonabili ai risultati che sono stati ottenuti in Tunisia. La capacità del modello di predire i siti e i non siti è attorno al 70% (figura 5.42b), il *Kvamme's gain* (tabella 5.30a) è nelle categorie più rilevanti abbondantemente sopra allo 0.5 e il *Kvamme's T* (tabella 5.30b) è significativo per tutte le soglie di predittività esclusa l'ultima. L'aumento della precisione del modello all'aumentare della dimensione dell'area in cui questo si applica è un fenomeno che si riscontra frequentemente nella modellazione predittiva⁸⁴.

⁸⁴Whitley 2010, p. 315.

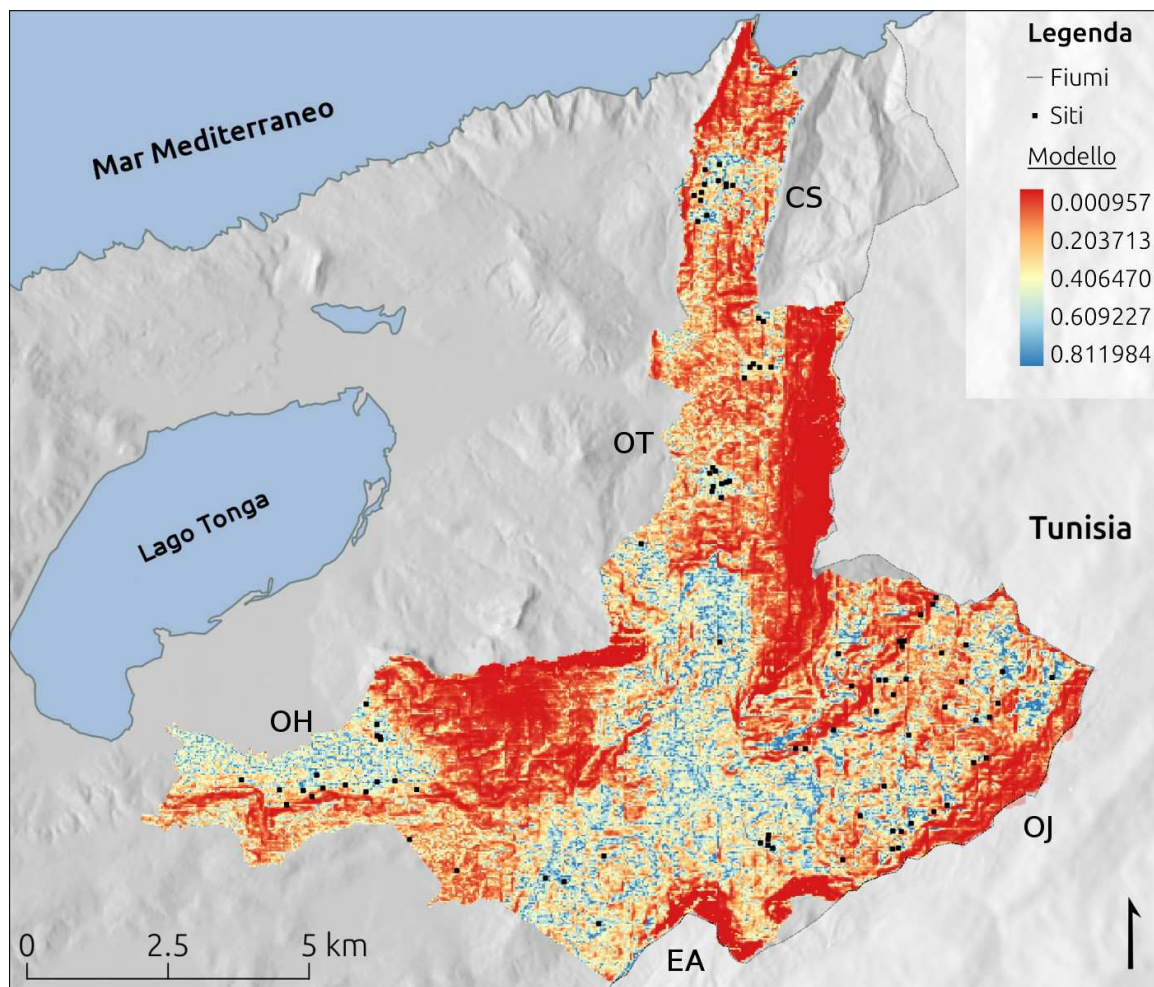


Figura 5.40: Il modello predittivo applicato alla zona indagata in Algeria (*PNEK Survey*)

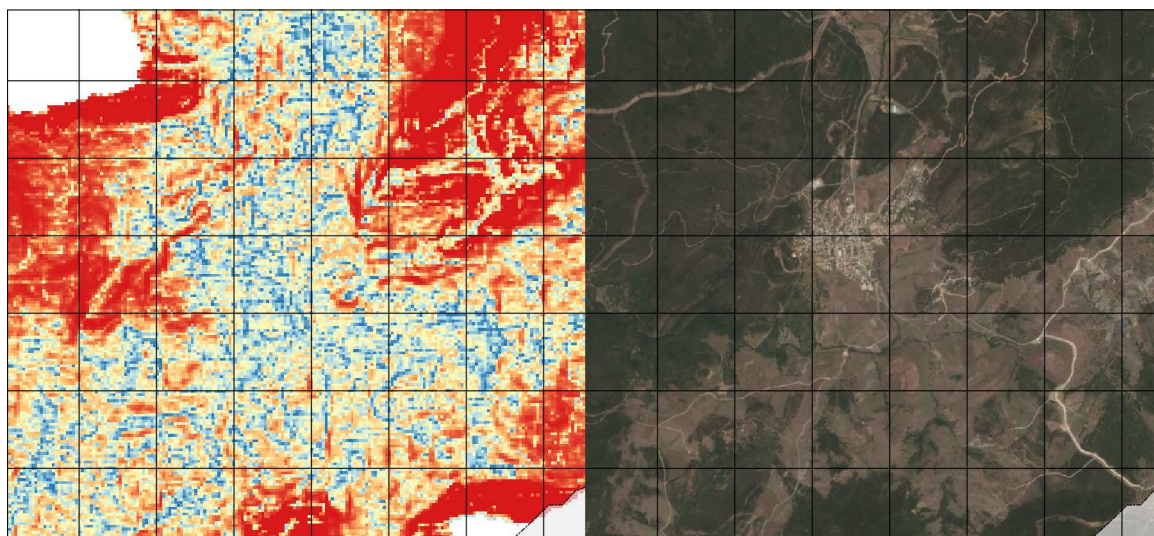


Figura 5.41: Confronto tra le zone individuate come ad alta probabilità e le zone coltivate e abitate moderne, si noti come esse, in buona parte, coincidano

Prob.	Area %	Ole. %	K.'s gain	a	b	c	d	K.'s T	p-value
>0.1	73.3	100.0	0.27	92	0	71	21	23.97	0.000000979036
>0.2	56.5	92.4	0.39	85	7	48	44	37.55	0.000000000891
>0.3	43.1	84.8	0.49	78	14	34	58	44.67	0.000000000023
>0.4	31.4	77.2	0.59	71	21	23	69	50.67	0.000000000001
>0.5	21.3	59.8	0.64	55	37	17	75	33.31	0.000000007839
>0.6	12.7	48.9	0.74	45	47	11	81	30.00	0.000000043119
>0.7	6.8	30.4	0.78	28	64	6	86	17.66	0.000026468141
>0.8	2.6	9.8	0.73	9	83	2	90	4.79	0.028618373092
>0.9	0.1	2.2	0.94	2	90	0	92	2.04	0.152762743117

(a) OH

(b) OJ

Tabella 5.30: Kvamme's gain (a) e Kwamme's T (b) del modello per la zona indagata nel *PNEK Survey*

5.7 Ruolo delle variabili

In questa sezione si andrà ad analizzare singolarmente il ruolo di ogni variabile cercando di comprenderne il reale peso nell'influenzare le scelte insediative.

In primo luogo si andrà a quantificare a livello numerico il peso di ogni variabile, per questo scopo si utilizza la formula seguente:

$$b' = \frac{(b_x \sigma_x R)}{\sigma_y} \quad (5.8)$$

Dove b' è appunto il peso relativo di una variabile, b_x è il coefficiente non standardizzato della variabile indipendente x , σ_x è la deviazione standard della stessa variabile e R è la radice quadrata dell' R^2 di Nagelkerke⁸⁵.

tipologia	slope	dem	tidx	s_cost
siti e non_siti	-0.8703869	0.5025100	-0.7288499	-0.5999518
background	-1.0214612	0.5224505	-0.7555444	-0.6926111

Tabella 5.31: Pesi relativi delle variabili

In tabella 5.31 sono riportati i valori risultanti per le quattro variabili indipendenti utilizzate nella modellazione, anche in questo caso sono la media delle 100 simulazioni. La prima riga è stata calcolata utilizzando unicamente la deviazione standard dei valori delle variabili nelle posizioni dei siti e dei non siti utilizzati nella creazione del modello. Dal momento che la varianza di queste 344 posizioni (176 siti e 176 non siti) non sarà, tranne forse in pochi casi, la varianza di tutta l'area studiata, si è aggiunta la seconda riga. Questa applica la formula utilizzando la deviazione standard dei *rasters* completi dando così un'idea più corretta dell'effetto generale su tutto il territorio indagato. I valori sono leggermente differenti ma non cambia la gerarchia che ne risulta. La pendenza risulta infatti essere sempre la variabile con un valore maggiore, seguita dall'indice topografico, dalla distanza dalle sorgenti ed infine dall'altitudine. Va sottolineato però che questa tecnica si applica ai coefficienti del modello GLM e non GAM, come si è visto però essi non hanno differenze particolarmente marcate ad eccezione del comportamento non lineare dell'altitudine.

⁸⁵Vaughn e Crawford 2009, p. 550.

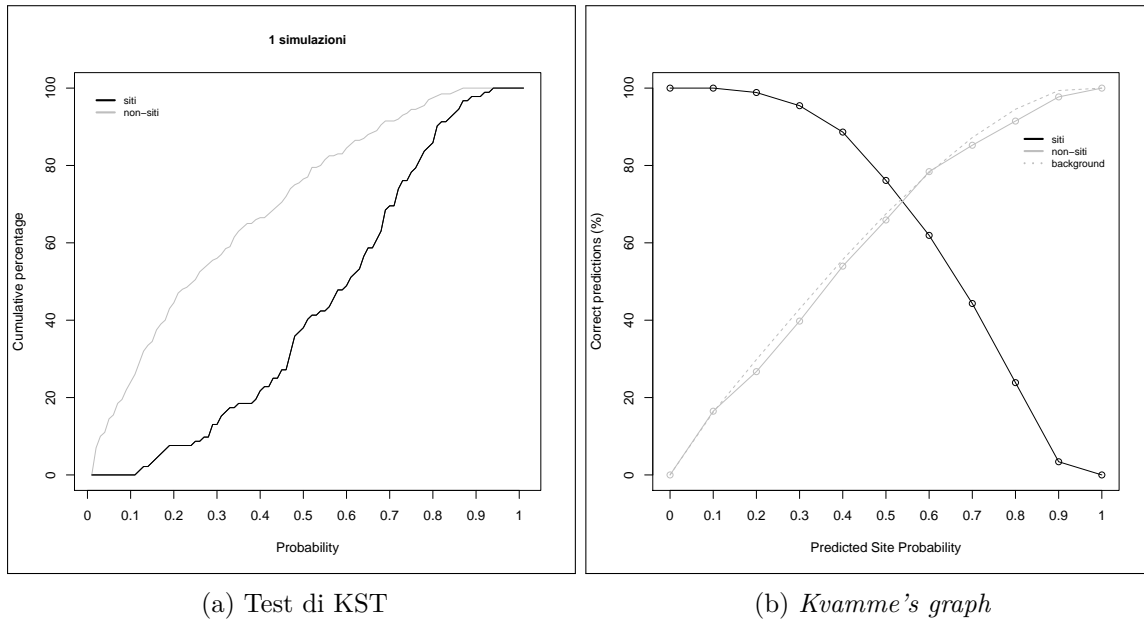


Figura 5.42: Validazione modello nel territorio indagato in Algeria (*PNEK Survey*)

Altitudine L'altitudine, il cui ruolo è già stato abbondantemente analizzato nella sezione precedente (5.6.1), era stata riconosciuta come variabile dal valore molto predittivo con un significato però molto complesso. Risulta in realtà quella con il minore impatto sul modello predittivo. Questa va ad influenzare in maniera positiva le altitudini medie ma i suoi valori estremi non necessariamente corrispondono a zone di bassa predittività. Si può infatti osservare in figura 5.43 che non si notano sostanziali correlazioni tra l'andamento della variabile e quella del modello.

Indice topografico Per quanto riguarda l'indice topografico, che per certi versi inaspettatamente si è rivelato essere una delle variabili più influenti, si può osservare in figura 5.44 come abbia un'evidente influenza sul comportamento del modello, soprattutto nel diminuirne il livello di predittività. Le zone più bianche della figura a sinistra corrispondono ai letti degli *oueds*, sono dunque zone con un indice topografico alto (poco drenati). L'indice topografico, correttamente, influenza notevolmente il modello indicandole come zone a bassa probabilità di presenza di siti. Anche sui settori con valori medio-alti (grigi) questa variabile ha un certo peso nel determinare le zone a bassa predittività.

Pendenza La pendenza ha una forte valore predittivo, infatti si è rivelata essere la variabile con peso relativo maggiore. Anch'essa va ad influenzare soprattutto le zone a bassa probabilità nelle zone caratterizzata da alte pendenze (neri, figura 5.45), mentre le zone a bassa pendenza non necessariamente sono considerate zone favorevoli all'insediamento.

Distanza dalle sorgenti La distanza delle sorgenti (figura 5.46), ha un comportamento complesso, valori alti di probabilità nel modello predittivo corrispondono a basse distanze dalle sorgenti (neri) e dunque va ad influenzare le zone positivamente (nel senso di una maggiore probabilità di rinvenimento siti). Ciò avviene però solo nelle zone dove indice topografico, altitudine e pendenza non abbiano influenze negative. Va considerato inoltre che la distanza, essendo distanza di costo, è influenzata dalla pendenza e dunque una sorgente disposta in un luogo caratterizzato da una situazione con pendenza medio alta avrà, per

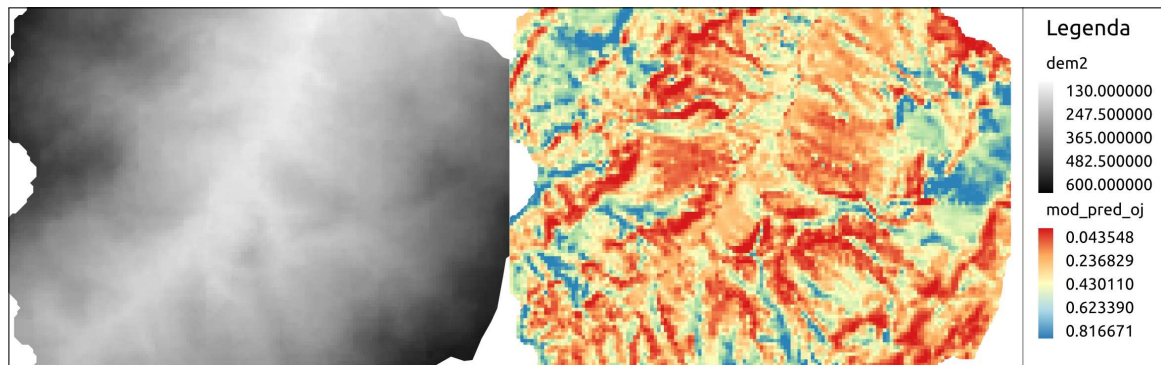


Figura 5.43: Confronto altitudine e modello predittivo, OJ (*PNEK Survey*)

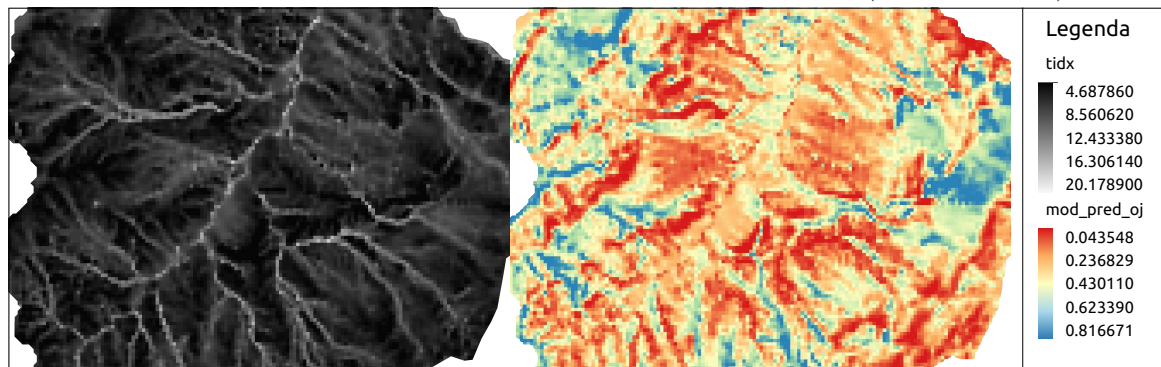


Figura 5.44: Confronto indice topografico e modello predittivo, OJ (*PNEK Survey*)

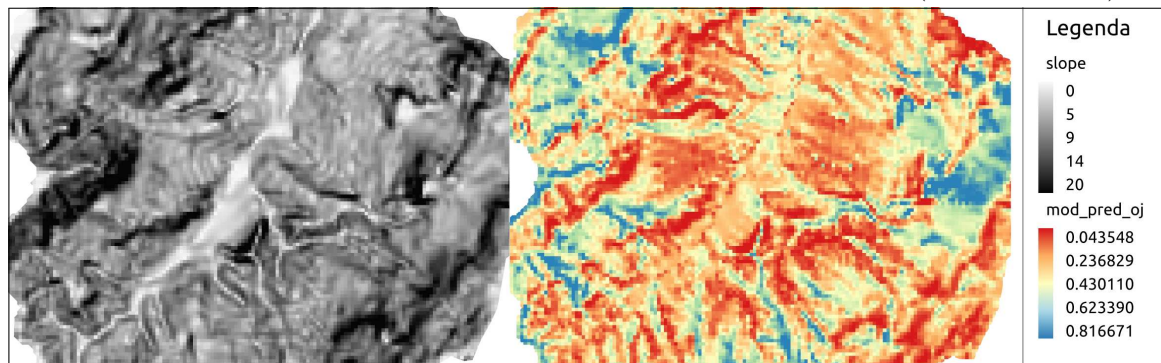


Figura 5.45: Confronto pendenza e modello predittivo, OJ (*PNEK Survey*)

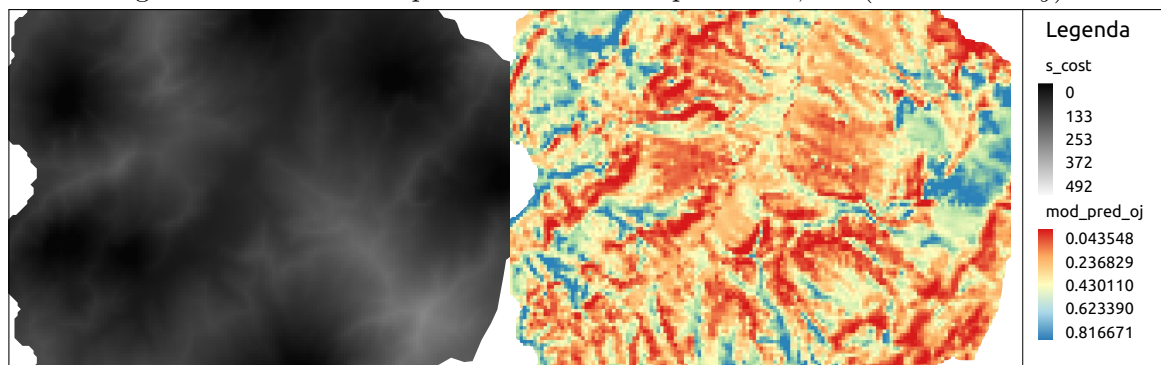


Figura 5.46: Confronto distanza sorgenti e modello predittivo, OJ (*PNEK Survey*)

così dire, un raggio di azione più limitato, andando ad influenzare una porzione minore di territorio.

5.8 Discussione dei risultati

Prima di procedere oltre è necessario riflettere in maniera più precisa su quali siano i punti di forza e quali quelli deboli di questo tipo di analisi.

Riassumendo si può sostenere che il modello identifichi come zone adatte all'insediamento quelle non troppo lontane dalle sorgenti, con una bassa pendenza, un'altitudine media e un basso valore di indice topografico (terreno ben drenato). Ma cosa significano queste tendenze a livello di influenza nel sistema insediativo?

È evidente che alcune variabili non aiutino a comprendere meglio la disposizione dei siti su larga scala, ma finiscano per indicare soprattutto le zone favorevoli ad un tipo di insediamento stabile e dunque le zone in cui è tecnicamente possibile la costruzione di un edificio. In questo senso vanno interpretate soprattutto l'indice topografico e la pendenza, che nei loro valori estremi non danno questa possibilità. L'altitudine invece potrebbe influenzare a più larga scala le zone d'insediamento eliminando le basse e le alte altitudini, ma come visto, la sua influenza nel modello è limitata. Resta unicamente la vicinanza alle sorgenti che ha un peso relativamente alto ed ha le caratteristiche per poter realmente influenzare le modalità di insediamento. Proprio questa variabile sembra spiegare, almeno in parte, la tendenza all'accentramento dei siti nord del *PNEK Survey*. Il modello in questa regione infatti indica in maniera quasi perfetta le zone occupate da siti e la loro estensione. Questo è naturalmente un riflesso di ciò che avveniva nel territorio del *Thugga Survey* con le zone più collinari, quelle cioè dove esistono le sorgenti, assenti invece nelle zone di pianura, che erano quelle a maggiore concentrazioni di siti.

Restano da spiegare le motivazioni per cui, nella parte centrale, vengano indicate ampie zone come favorevoli all'insediamento all'interno delle quali non è però stata riscontrata la presenza di abitato antico. Questo comportamento potrebbe essere spiegato ipotizzando che i siti siano stati oblitterati in periodi recenti, in quanto si tratta di una delle zone maggiormente antropizzata (fig. 5.41) e in parte occupate dalla cittadina di *El Aioun*. Una ricognizione intensiva (*field walking*) potrebbe aiutare a chiarire se questa assenza sia reale o piuttosto una distorsione derivata dalla metodologia di ricognizione. Nella zona di *Oued Jenane* (OJ) si nota una tendenza a disporsi alle pendici dei rilievi, su entrambi i versanti della vallata in zone che vengono identificate piuttosto bene dal modello, allo stesso tempo però l'insediamento è tendenzialmente sparso ed è presente anche sul fondovalle. Nella zona di *Oued el Hout* (OH) si mantiene la tendenza a disporsi ai piedi dei rilievi ma il modello include tra le zone favorevoli (anche se con valori non troppo alti) anche il fondovalle che invece non presenta tracce di siti.

5.8.1 Aspetti positivi

Arrivati alla conclusione di questo lavoro si può ritenere che i fattori positivi riscontrati abbiano rispecchiato le attese iniziali e le motivazioni per le quali si è scelto di utilizzare questa tipologia di analisi, ossia la capacità di analizzare in un modo il più possibile oggettivo l'influenza della variabili ambientali e, per quanto possibile, culturali nella scelta insediativa. Comparando i risultati su due territori differenti si può arrivare a comprendere meglio se e dove vi siano differenze nella collocazione dei siti.

Migliore comprensione del ruolo delle variabili I risultati non sono influenzati da idee preesistenti ma anzi possono portare a confermarle, a smentirle o a proporre nuove considerazioni sulle quali ragionare. I dati vengono analizzati sulla base di analisi che forniscono risultati chiari che non sono viziati da aspetti soggettivi, due ricercatori differenti partendo dagli stessi dati dovrebbero dunque arrivare a conclusioni simili.

Comparazione tra territori diversi È possibile, sebbene solo all'interno di limiti molto restrittivi tentare una comparazione tra diverse zone ricognite, questa pratica almeno in questo caso, più che portare a risultati comparabili può servire ad analizzare in maniera ancora più approfondita i dati di partenza.

5.8.2 Aspetti critici

In questa sezione si analizzeranno i punti critici, alcuni dei quali già discussi nelle sezioni precedenti escludendo però quelli già individuati in letteratura e presentati in sezione 3.4.3.

Difficoltosa applicabilità ad altre regioni Per poter applicare il modello ad altre regioni con lo scopo effettivo di predire siti è necessario trovare un territorio con caratteristiche molto simili a quelle in base alle quali è stato generato il modello, altrimenti le possibilità di gravi errori è molto elevata. Questo modello prende infatti in considerazione solo variabili direttamente dipendenti dalla geomorfologia del territorio, è evidente dunque che applicando lo stesso modello in una zona prettamente pianeggiante i risultati sarebbero profondamente negativi.

Difficoltà nell'utilizzare il modello in un progetto di *survey* Utilizzare un modello predittivo come strumento nella progettazione di un nuovo *survey* è, a parere di chi scrive, una scelta molto discutibile. La tabella 5.24 dovrebbe essere il dato di partenza in base a cui effettuare la propria la programmazione del lavoro sul campo permettendo di stimare in base al proprio sforzo (la percentuale di terreno ricognita) il risultato atteso (la percentuale di siti individuati).

In primo luogo è da individuare una problematica di tipo teorico, infatti se si andassero ad indagare solo le aree ad alto potenziale ci si troverebbe con dati che andrebbero a confermare i *patterns* individuati dal modello, il modello predice infatti la posizione dei siti che potrebbero essere trovati utilizzando la stessa strategia di *survey* e che seguono lo stesso modello insediativo individuato in un'altra zona. Non si troverebbero dunque i siti che hanno seguito strategie insediative differenti, casi particolari che possono aiutare ad avere una visione più completa della realtà archeologica. Tutto ciò a meno che il modello non sia clamorosamente errato, nel qual caso lo si potrebbe rigettare. Per questo motivo si ritiene che un nuovo *survey* dovrebbe prescindere dal modello predittivo in modo da raccogliere dati in grado di affinarlo.

In secondo luogo, una problematica più pratica con la quale ci si dovrebbe scontrare è il fatto che il modello nel caso qui presentato, ma anche in altri⁸⁶, indica una situazione molto frammentaria, in cui non sono definite zone geograficamente omogenee ad alta predittività, affiancate da altre a bassa predittività. Al contrario sono frequenti situazioni molto disomogenee con piccole aree ad alta predittività circondate da zone a bassa e viceversa (fig. 5.38), ciò impedisce dunque un'agevole pianificazione della ricognizione.

⁸⁶Witcher e Keay 2010, p. 281.

5.8.3 Conclusioni

Tra il 70% e l'80% delle predizioni corrette come ottenute in questo caso sono in realtà risultati piuttosto frequenti nei progetti di modellazione predittiva⁸⁷. Ciò è spiegabile in molti modi differenti a partire dal ritenere di fatto questa tecnica fondamentalmente inutile e negando l'utilità delle "variabili ambientali" nel predire la posizione nel paesaggio delle componenti di un sistema insediativo⁸⁸. Evitando questo eccesso si può ritenere che se in questi modelli si cerca una descrizione esaustiva di ogni aspetto del comportamento umano ci si troverà naturalmente delusi. Ma se l'obbiettivo è quello di comprendere come questo possa essere influenzato da alcune variabili ambientali e non e di come altre invece non lo facciano, le informazioni che si possono raccogliere risultano essere utili per una migliore comprensione delle dinamiche insediative.

Livelli di predittività come quelli raggiunti in questo capitolo sono un risultato buono ma non eccellente, era evidente fin dall'inizio, o meglio da quando si è giunti all'analisi multi-variata, che quattro variabili non potessero da sole essere sufficienti per l'obbiettivo teorico del 100% di predizioni corrette. Durante la regressione si sceglie il modello che risulta avere le migliori *performances* su tutti i siti considerati, è chiaro che non necessariamente tutti i siti presi in considerazione debbano rispondere esattamente alla stessa maniera a tutte le variabili, benché questa circostanza sia mitigata dalla limitazione delle analisi ad una singola tipologia. Alcuni fattori che nelle analisi bivariate risultavano esercitare una certa influenza sull'insediamento, come la distanza dalle città, non si sono rivelati utili nella regressione multi-variata. Ciò però non significa necessariamente che essa non sia importante ma solo che in questo caso non si è rivelata utile a migliorare i risultati della regressione.

Vi sono poi fattori che sicuramente devono avere avuto una certa importanza ma che non si possono inserire per motivi che vanno da quello tecnico a quello più propriamente archeologico. Per fare un esempio, non si può pensare che la scelta del luogo in cui costruire un nuovo oleificio potesse prescindere dall'insediamento preesistente. Questa è però un'informazione che non si può inserire in primo luogo perché non si può conoscere con certezza quali insediamenti siano nati prima e quali dopo. Inoltre di questa, che potrebbe essere definita una variabile culturale, non si conosce con esattezza il valore. Non è sempre certo che fosse preferibile disporsi a distanza da un sito precedente, in alcuni casi infatti, ad esempio per motivi di sicurezza è più vantaggioso essere vicini. Sarebbe dunque difficile renderla numericamente in modo da poterla utilizzare all'interno di un unico modello.

Vi sono dunque variabili mancanti e variabili non considerate, oltre a queste si può lasciare all'imprevedibilità, al caso oppure all'eccezione un ruolo nel condizionare negativamente le potenzialità predittive. Studiare queste eccezioni e comprendere le motivazioni che ne determinano l'esistenza, potrebbe aiutare a svelare alcuni aspetti, al momento nascosti, del modello insediativo oppure aiutare a determinare nuove variabili da testare ed eventualmente utilizzare in un modello aggiornato.

Esistono infine aspetti che non possono essere inseriti per limiti tecnici all'interno del modello. Uno di questi è il bacino di approvvigionamento del sito, dal quale la scelta locazionale non poteva prescindere. Nei prossimi capitoli si cercherà in primo luogo di definire quali caratteristiche rendano un terreno il più adatto alla coltivazione dell'ulivo

⁸⁷Ebert 2005, p. 142, fa notare che la maggior parte dei modelli riporta tra il 60 e il 70% di predizioni corrette.

⁸⁸Ebert 2005, pp. 140-2.

e successivamente di definire l'estensione ed i confini del bacino in base al numero e alle dimensioni delle presse presenti in ogni sito. Anche questa è dunque un tipo di informazione che non potrebbe essere inserita nel modello innanzitutto per i limiti di questa tecnica. Ma dal momento che la si ritiene di importanza fondamentale la si valuterà in maniera autonoma per cercare di verificare l'esistenza di questa relazione, potendo così studiare il sito in associazione anche al territorio ad esso circostante e non unicamente al luogo di costruzione.

6

MCE

In questa sezione si andrà a creare una carta indicante l'idoneità del terreno alla coltivazione dell'olivo, per fare ciò il primo passo sarà quello di considerare la carta d'uso attuale del territorio comparata con le variabili ambientali. Benché sia evidente come le diversità tra i metodi antichi e quelli moderni possano portare a consistenti differenze, si potranno comunque ottenere delle indicazioni interessanti. Il secondo passo consisterà nel considerare i consigli degli agronomi antichi. Unendo le indicazioni provenienti da queste due fonti si andranno ad ipotizzare i ruoli che le variabili possono aver avuto nel far ritenere un terreno più o meno adatto alla coltivazione. In base a queste si andrà quindi a generare la carta di idoneità.

6.1 Lo sfruttamento del suolo attuale

La carta dello sfruttamento attuale del suolo verrà utilizzata all'interno dei due test utilizzati già in precedenza il X^2 e il KST. Si andranno ad analizzare gli oliveti e le zone incolte. Capire quali siano i fattori che ancora oggi, nonostante le maggiori possibilità tecniche¹ impediscono o quantomeno sconsigliano la coltivazione di alcune zone ci aiuterà nel comprendere quali siano le zone che anche in epoca romana dovevano essere scarsamente o per nulla coltivate.

L'olivicoltura in Tunisia è andata aumentando costantemente nell'ultimo secolo (figura 6.1) e si può avere un'idea delle modalità in cui è avvenuto questo aumento basandoci sulla carta 1:50000 degli inizi del 900², su quella 1:25000 degli anni 80 e infine con i dati attuali. Nell'ultimo secolo il paesaggio e la destinazione d'uso del terreno hanno subito grandi variazioni soprattutto in seguito all'esplosione demografica³. Nella prima fase generalmente gli oliveti si concentravano nella vicinanza degli agglomerati urbani⁴ e ciò si riscontra anche in questo caso con gli oliveti coltivati nelle vicinanze di *Thugga* (all'epoca ancora abitata) e di *Téboursouk*, negli anni 80 invece la coltivazione aumenta notevolmente ma le principali zone sono ancora nelle vicinanze delle due città moderne, *Dougga Nouvelle* e *Téboursouk*

¹Benché non necessariamente le capacità tecnologiche più avanzate portano a sfruttare più territorio, Leveau cita ad esempio la zona di *Cherchel* nel XIX secolo, dove gli aratri europei avendo difficoltà nel lavorare i terreni in pendenza facevano classificare come meno pregiati terreni che, coltivati in maniera tradizionale, non erano meno fertili di quelli considerati migliori (Leveau 1990, p. 139).

²Monchicourt 1913, p. 111, riporta 38500 alberi vicino a *Téboursouk* e 2000 vicino *Thugga*.

³Auclair, Laajili-Ghezal e Pontanier 1997, p. 142.

⁴Kassab 1980, p. 31.

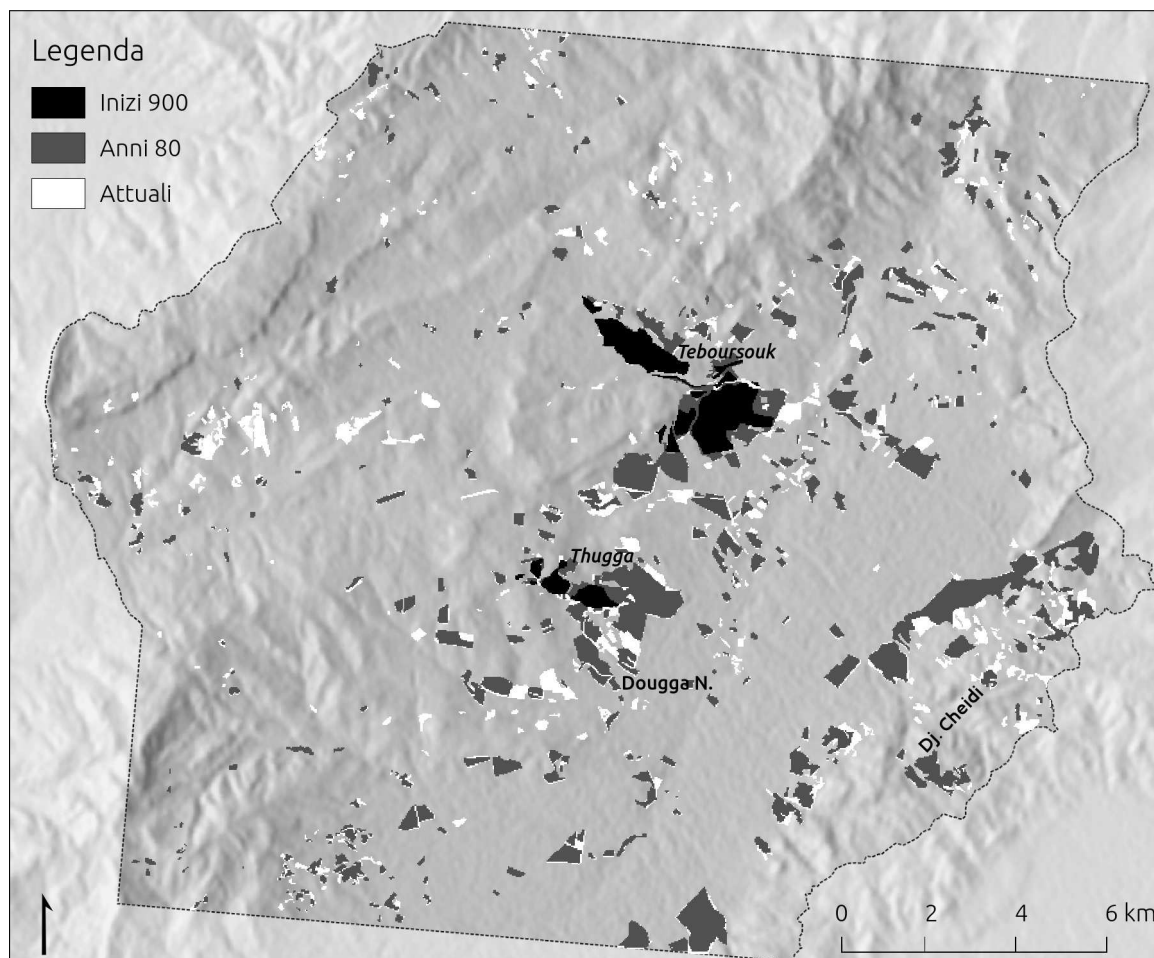


Figura 6.1: Evoluzione della coltivazione dell'ulivo nell'ultimo secolo

a cui si aggiunge un'ampia zona alle pendici del *Djebel ech Cheidi*. La maggior parte delle coltivazioni si trova dunque nelle valli dell'*oued Khalled*, ciò è dovuto probabilmente oltre alla presenza delle città anche alla vicinanza con gli assi viari principali. Negli ultimi anni invece l'aumento è meglio distribuito e aumenta la coltivazione anche nei bacini idrografici di *Arkou* e *Harmousha*.

Attualmente dunque la disposizione degli oliveti sembra essere maggiormente influenzata da aspetti che esulano dalla valutazione della bontà del suolo e si concentrano su fattori come la vicinanza a centri urbani e alle vie di comunicazione. Ciò sembra essere legato alla più evidente differenza tra le modalità di pressatura antica e quelle moderne, infatti la spremitura al giorno d'oggi avviene in pochi centri specializzati dove si raccolgono le olive di tutto il territorio mentre, come è evidente dalla diffusione delle presse, in età antica si doveva attuare una strategia differente, ossia la pressatura delle olive prodotte dai terreni nelle vicinanze della pressa. A tale proposito sembra dunque essere corretto escludere da questa valutazione la geologia che risulta essere molto significativa nell'influencare la disposizione dei oliveti attuali, ma ciò è causato dal fatto che le zone geologiche sono soggette all'autocorrelazione spaziale ancora più di quanto non lo siano le altre variabili. Infatti se si va a considerare la valle del *Khalled* che, come detto, è quella con la maggior presenza di oliveti, risultano rappresentate solo due classi geologiche (i calcari e il quaternario recente indifferenziato) che sono dunque sovra-rappresentate causando la conseguente sotto-rappresentazione delle altre classi.

La disposizione degli oliveti attuali sembra dunque essere molto differente da quanto doveva essere in epoca romana, ciò è chiaro anche in base al confronto con la posizione degli oleifici antichi (figura 6.2).

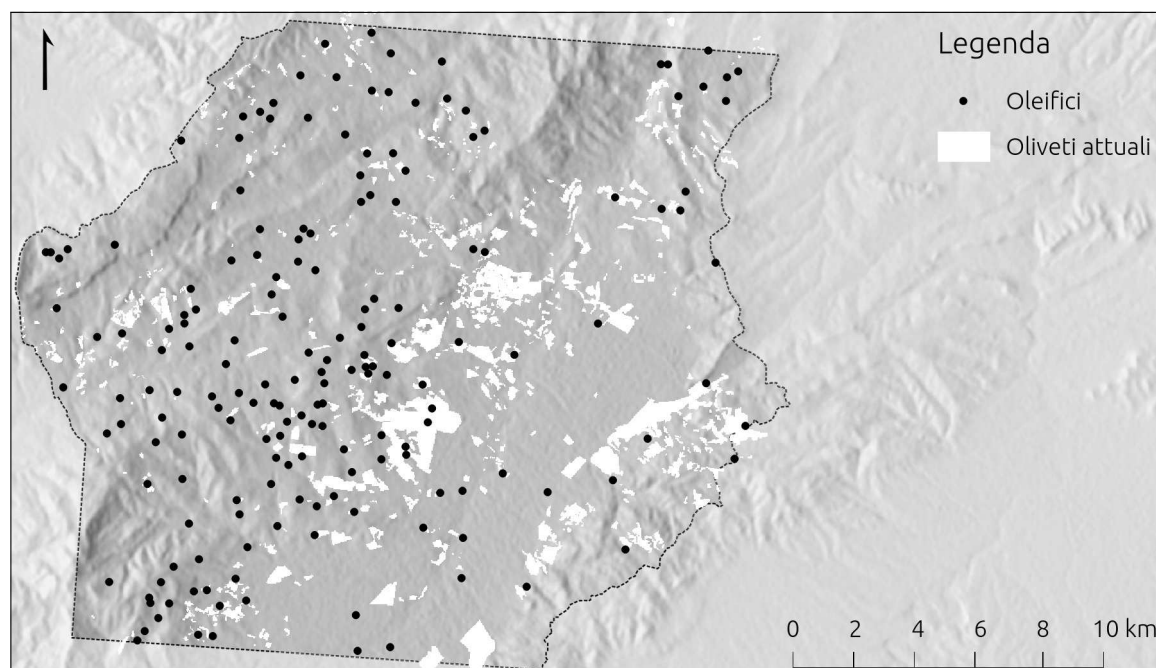


Figura 6.2: Oliveti attuali ed oleifici antichi

Proprio per questo motivo le informazioni provenienti dai dati degli oliveti moderni avranno un'importanza relativamente bassa nella determinazione dei valori e dei pesi che saranno utilizzate.

Gli oliveti

Dall'analisi dei grafici nelle figure 6.3, 6.4 e in tabella 6.1 risultano essere particolarmente significative le differenze tra la disposizione degli oliveti e quella media del terreno (*background*) per le variabili di altitudine e di pendenza. Attualmente vi è dunque un'evidente tendenza a coltivare l'olivo in terreni a pendenza bassa o medio bassa, tra i 3 e i 6 gradi si trova la fascia maggiormente sovra-rappresentata, evitando le pendenze alte, sopra i 12 gradi dove gli oliveti sono sotto-rappresentati. Una preferenza per i terreni a bassa pendenza è molto differente da ciò che veniva consigliato dagli autori antichi che privilegiavano le pendenze medie (vedi sez. 6.2).

Si preferiscono inoltre le altitudini basse e medie, soprattutto tra i 300 e i 500 metri evitando quelle superiori, anche in questo caso vale l'osservazione che questa tendenza sia da imputare più a motivazioni di accessibilità che all'impossibilità di coltivare l'olivo alle alte altitudini. A queste latitudini infatti l'olivo si può coltivare fino a più di mille metri⁵.

Esposizioni, indice topografico e curvatura del profilo sembrano invece influenzare in maniera meno accentuata la disposizione degli oliveti, benché i risultati dei test effettuati risultino essere comunque significativi. Si riscontra dunque una leggera tendenza a preferire i terreni esposti a Nord, Nord-Ovest e quelli ad indice topografico alto.

⁵Camps-Fabrer 1953, p. 14; Morizot 1993, p. 179.

	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
Flat	280	264.3	0.93
NE	4359	4464.0	2.47
N	5313	5159.1	4.59
NO	4778	4544.4	12.01
O	3704	3797.8	2.32
SO	3433	3504.1	1.44
S	4631	4641.9	0.03
SE	5026	5073.2	0.44
E	4669	4744.2	1.19

(a) Aspect

	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:5.3	6581	6761.1	4.80
5.3:6.1	7130	7523.1	20.54
6.1:6.9	7729	7668.9	0.47
6.9:7.9	7837	7651.8	4.48
7.9:14.2	8175	7847.1	13.70

(c) Indice topografico

	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
100:349	9191	7509.8	376.38
349:422	11263	7528.6	1852.35
422:509	9719	7461.4	683.10
509:597	4490	7540.4	1234.00
597:963	2791	7413.8	2882.54

(e) Altitudine

	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
ASDO	423	456.1	2.40
Calcarì	11333	9360.1	415.85
Congl.	3816	3078.4	176.73
Gessi	1364	1073.8	78.43
Ghiaie	997	1581.3	215.93
Grés	861	2423.8	1007.69
Marne	2742	6380.3	2074.73
QRI	13031	10494.3	613.18
Terr.	950	668.8	118.26

(b) Geologica

	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
0:3.55	8241	7301.5	120.89
3.55:5.63	9116	7624.1	291.95
5.63:7.9	8229	7210.6	143.83
7.9:11.5	7503	7672.6	3.75
11.5:51	4335	7615.2	1412.91

(d) Pendenza

	O	Exp	$\frac{(O-E)^2}{E}$
-0.03:0	19270	19062.1	2.27
0:0.3	18184	18391.9	2.35

(f) Curvatura del profilo

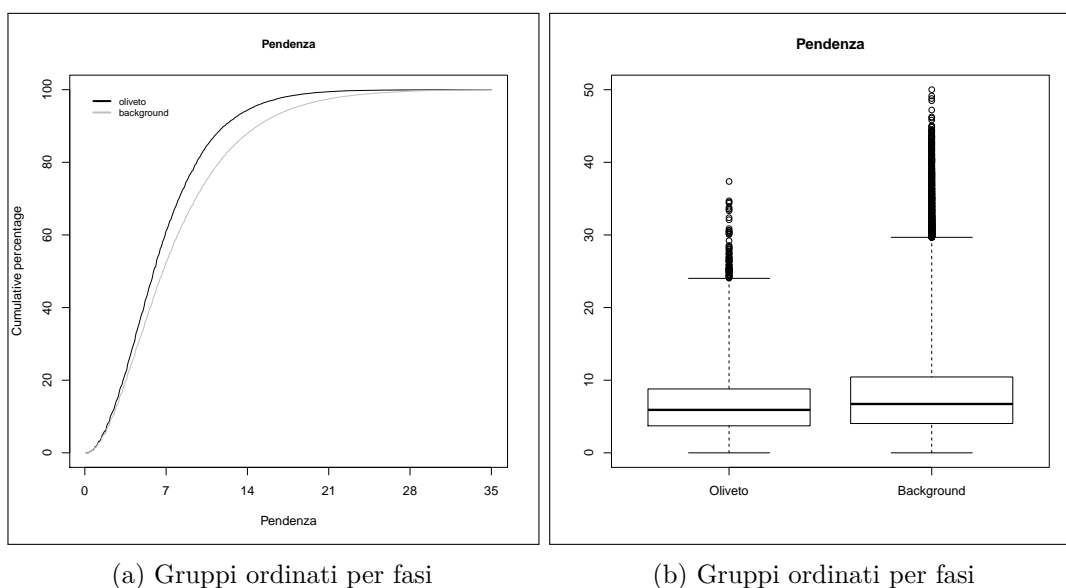
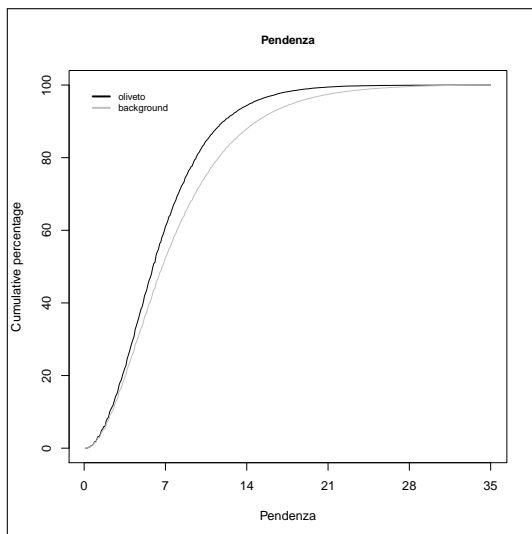
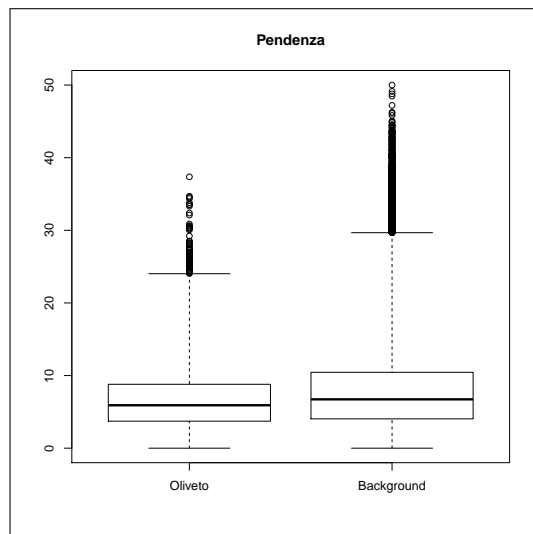
Tabella 6.1: Test del X^2 applicato alla disposizione degli oliveti attuali

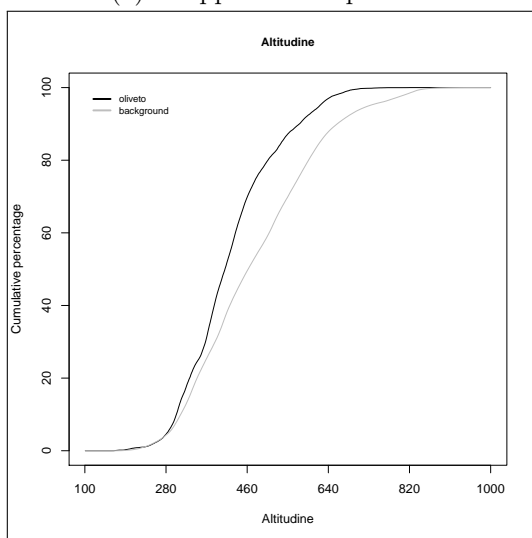
Figura 6.3: Rapporto tra oliveti attuali e variabili



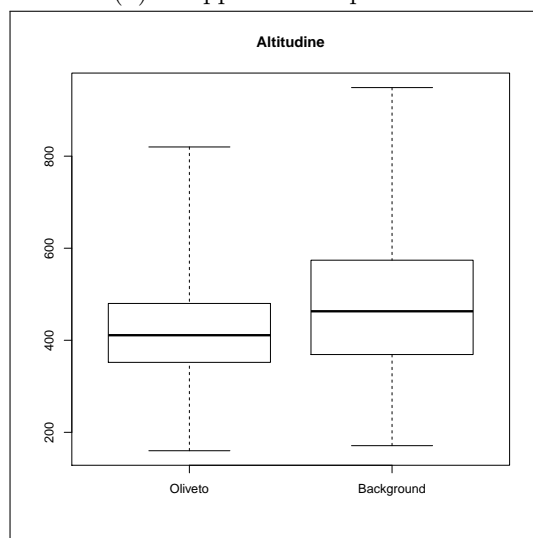
(a) Gruppi ordinati per fasi



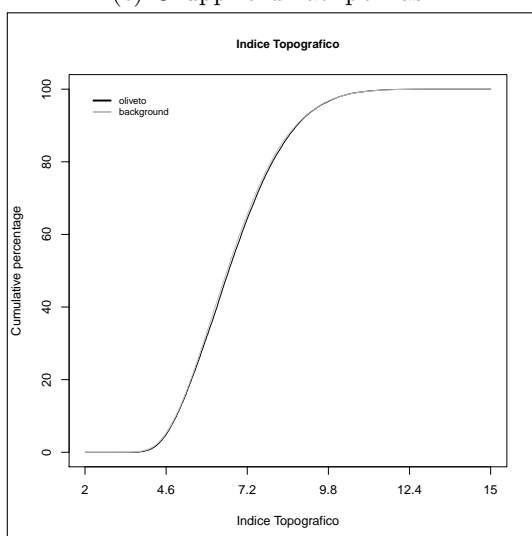
(b) Gruppi ordinati per fasi



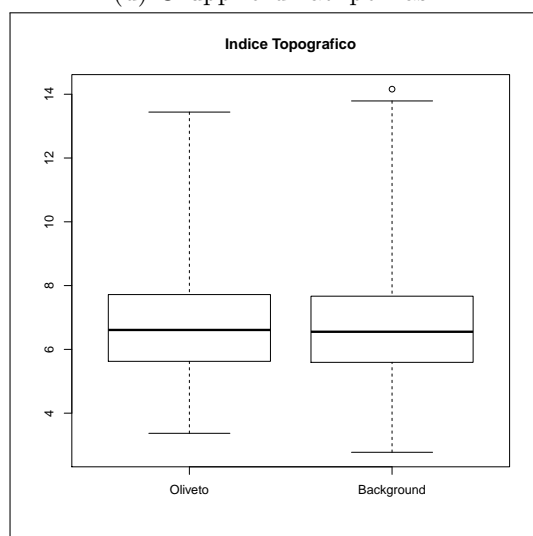
(c) Gruppi ordinati per fasi



(d) Gruppi ordinati per fasi



(e) Gruppi ordinati per fasi



(f) Gruppi ordinati per fasi

Figura 6.4: Rapporto tra oliveti attuali e variabili

	O	Exp	O-E	$\frac{(O-E)^2}{E}$
ALBIEN-CAL	791	253.3	537.7	1141.60
AQUITANIEN-MA	237	1028.1	-791.1	608.76
CAMPANIEN-CCA-M	3973	1356.7	2616.3	5045.37
CÉNOMANIEN-CCE2	896	235.4	660.6	1853.72
CROUTES-QC	2183	10002.7	-7819.7	6113.14
EOCENE-SUP-ELP	285	820.6	-535.6	349.58
LUTETIEN-INF-MOY-EL1	730	322.6	407.4	514.43
LUTETIEN-SUP-EL2	1457	872.1	584.9	392.35
MAESTRICHTIEN-CM-P	4018	5979.6	-1961.6	643.48
PLIOC-CONT-PLC	3972	4989.8	-1017.8	207.61
QUATERNAIERECENT-QS	9224	29220.2	-19996.2	13683.98
TERRASSES-TQ-1	1113	1859.4	-746.4	299.65
TORTONIENPP-KMTA3	1805	1072.0	733.0	501.26
TORTONIENPP-MMT3	356	1374.8	-1018.8	754.99
TORTPP-KMTC3	1356	2458.7	-1102.7	494.54
TRIAS-T	1321	372.2	948.8	2418.95
TRIAS-TA	820	314.3	505.7	813.80
TRIAS-TB	9568	2675.7	6892.3	17753.21
TRIAS-TC	4735	1438.9	3296.1	7550.40
TRIAS-TD	1828	645.9	1182.1	2163.12
TURONIEN-CT1	585	204.0	381.0	711.88
TURONIEN-CT2-S	2809	4555.7	-1746.7	669.69
VILLAFRANCHIEN-QVC	1302	2508.5	-1206.5	580.27
VRACONIEN-CAL2-CE1	191	64.3	126.7	249.40
YPRESIEN-EY	1674	436.3	1237.7	3511.55
YPRESIEN-LUTETIEN-EY-L	24769	8529.5	16239.5	30918.63

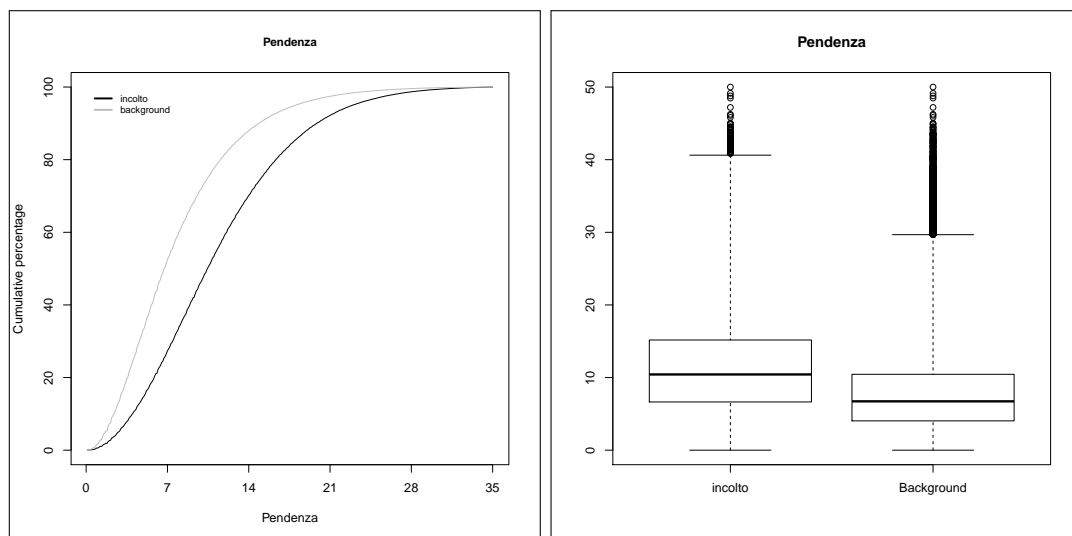
Tabella 6.2: Tabella classi geologiche, in evidenza le correlazioni positive con le zone incolte, (non sono riportate tutte le classi ma una selezione delle più significative)

Le zone incolte

La valutazione delle zone attualmente incolte è utile per definire quali siano i parametri che impediscono o che quantomeno rendono difficoltosa anche con le tecniche moderne la coltivazione. Identificando in questo modo delle variabili che saranno utili poi nella generazione del modello. Per brevità si riportano solo le tabelle delle variabili che si sono rivelate essere significative.

La carta geologica in questo caso viene utilizzata in maniera più estesa utilizzando tutte le tipologie originali dal momento che in questo caso l'associazione si è rivelata molto più evidente che nei casi precedenti. Si riscontrano alcune classi che hanno una correlazione molto forte con le zone attualmente incolte (tabella 6.2).

La pendenza è anch'essa un fattore che influenza pesantemente la presenza di zone incolte come si può osservare in figura 6.5, queste tendono a trovarsi mediamente nelle zone a più alta pendenza.



(a) Grafico delle ogive

(b) Boxplot

Figura 6.5: Rapporto tra pendenza e aree incolte

6.2 Gli agronomi romani

Gli agronomi romani di cui si utilizzeranno le opere per cercare di comprendere quale fosse la tradizione antica per individuare le zone più adatte alla coltivazione dell'olivo sono Catone, Varrone, Columella, Plinio il Vecchio, Palladio e, benché non si possano considerare le sue come opere che si occupino prettamente di agronomia, si utilizzerà anche qualche un di Virgilio.

Columella nel libro V del *De re rustica* tratta ampiamente quali siano le tipologie di terreno che meglio si adattano alla coltivazione dell'ulivo. In primo luogo loda la grande adattabilità e la facilità di coltivazione di questo albero che benché produca ad anni alterni richiede generalmente poco lavoro e ancora meno negli anni non produttivi.

eximia tamen eius ratio est, quod levi cultu sustinetur, et cum se non induit, vix ullam impensam poscit.

– Columella, *rust.* 5, 8, 2

Non ama gli ambienti troppo caldi e nemmeno quelli troppo freddi, nelle zone calde preferisce le zone esposte a nord mentre in quelle fredde quelli a sud.

Nulla ex his generibus aut praefervidum aut gelidum statum caeli patitur. Itaque aestuosis locis septentrionali colle, frigidis meridiano gaudet

– Columella, *rust.* 5, 8, 5

Non ama i luoghi avvallati né quelli troppo ripidi, i luoghi più adatti sono dunque quelli caratterizzati da pendenze leggere.

Sed neque depressa loca neque ardua, magisque modicos clivos amat, quales in Italia Sabinorum vel tota provincia Baetica videmus.

– Columella, *rust.* 5, 8, 5

Il terreno migliore è quello con un sottofondo di ghiaia coperto di creta e sabbia, oppure un abbondante strato di sabbia.

Aptissimum genus terrae est oleis, cui glarea subest, si superposita creta sabulo admista est. Non minus probabile est solum, ubi pinguis sabulo est.

– Columella, *rust.* 5, 8, 6

Si deve invece evitare l'argilla, soprattutto ove vi siano infiltrazioni e dove l'acqua ristagna, sono da evitare anche le zone di sabbia povera di sostanze nutritive e di sola ghiaia.

Creta ex toto repudianda est, magis etiam scaturiginosa et in qua semper uligo consistit. Inimicus est etiam ager sabulo macer et nuda glarea. Nam etsi non emoritur in eiusmodi solo, numquam tamen conualescit.

– Columella, *rust.* 5, 8, 6-7

Per Columella l'olivo prospera soprattutto sulle colline secche e argillose:

Olea maxime collibus siccis et argillosis gaudet, at humidis campis et pinguibus laetam frondem sine fructu affert

– Columella, *arb.*, 17, 1

Queste indicazioni sono interamente o quasi riprese anche da Palladio nel suo *De re rustica*⁶.

Secondo Catone le migliori zone per la coltivazione dell'olivo sono quelle esposte al vento dell'ovest e con buona esposizione al sole:

Ager oleto conserundo, qui in ventum Favonium spectabit et soli ostentus erit, alius bonus nullus erit.

– Catone, *agr.*, 6, 1

Per l'olivo *Licinius* il terreno dovrà essere magro e freddo altrimenti il raccolto sarà di cattiva qualità e l'albero si ammalerà.

Qui ager frigidior et macrior erit, ibi oleam Licinianam seri oportet. Sin in loco crasso aut caldo severis, hostus nequam erit et ferundo arbor peribit et muscus ruber molestus erit.

– Catone, *agr.*, 6, 1

Catone è ripreso in questo caso anche da Varrone:

Agrum oliueto conserendum, nisi qui in uentum fauonium spectet et soli ostentus sit, alium bonum nullum esse (...). Si in loco crasso aut calido posueris, hostum nequam fieri

– Varrone, *rust.*, 1, 24, 1

Sempre Varrone parlando in maniera più generica sui terreni migliori per la coltivazione osserva come, le zone troppo piatte sono da evitare perché qui l'acqua si raccoglie e non avendo sfogo il terreno tende a diventare paludoso:

Campester locus is melior, qui totus aequabiliter in unam partem verget, quam is qui est ad libellam aequos, quod is, cum aquae non habet delapsum, fieri solet uliginosus

– Varrone, *rust.*, 1, 6

⁶Palladio, *rust.*, 3, 18.

Plinio citando Magone, riporta che per quanto riguarda l’Africa è consigliabile piantare gli ulivi su un terreno scosceso, secco e argilloso a partire dall’autunno fino al solstizio d’inverno, mentre se il terreno è ricco e umido è necessario piantare tra il raccolto e il solstizio.

Mago in colle et siccis et argilla inter autumnum et brumam seri iussit, in crasso aut umido aut subriguo solo a messe ad brumam. quod praecepisse eum Africae intellegitur.

– Plinio, *nat.*, 17, 128-9

Plinio inoltre nota come gli ulivi si ammalano più di frequente nei suoli ricchi (17, 223) che preferiscono suoli ghiaiosi (17, 31) e sottolinea l’importanza del limo (17, 47 e 17, 53-4)⁷. Conferma inoltre indirettamente l’importanza dell’esposizione.

Quae genera olearum et in quo genere terrae iuberet seri quoque spectare oliveta, diximus in ratione olei.

– Plinio, *nat.*, 17, 128

Plinio e altri autori consigliano di non piantare gli ulivi dove prima vi erano delle querce poiché i vermi che prosperano nelle sue radici attaccherebbero anche gli ulivi.

Olea, ubi quercus effossa est, male ponitur, quoniam vermes, qui raucae vocantur, in radice quercus nascuntur et transeunt.

– Plinio, *nat.*, 17, 130

Virgilio ritiene che l’olivo preferisca i terreni difficili e le pendenze delle colline, dal suolo composto di argilla e ghiaia. Infatti questi sono i terreni dove l’olivastro cresce spontaneamente.

*Difficiles primum terrae collesque maligni,
tenuis ubi argilla et dumosis calculus arvis,
Palladia gaudent silva vivacis olivae.
Indicio est tractu surgens oleaster eodem
plurimus et strati bacis silvestribus agri.*

– Virgilio, *geor.*, 2, v. 179-183

In base a queste fonti si può osservare come gli oliveti secondo gli autori antichi dovevano essere piantati in terreni preferibilmente caratterizzati da una pendenza media, soprattutto per evitare il rischio di impaludamento. Le valli strette erano dunque sconsigliate a causa del ristagno dell’umidità⁸. L’esposizione, benché attualmente non sembri essere considerata un fattore importante, come riscontrato sopra⁹, è una discriminante che dovrebbe essere tenuta in considerazione, è infatti citata da tutti gli autori eccetto Virgilio. Per quanto riguarda il tipo di suolo si preferiscono i terreni non troppo ricchi, soprattutto quelli in parte ghiaiosi, anche in questo caso però questi consigli spesso sembrano essere strettamente legati al possibile accumulo e ristagno delle acque. Quest’ultimo fattore dunque ricopre un ruolo molto importante.

⁷Goodchild 2007, p. 218.

⁸Vismara 2007c, p. 433.

⁹Vedi anche Goodchild 2007, p. 216.

6.3 Definizione del modello

6.3.1 Ruolo delle variabili

Si deve ora riassumere le indicazioni provenienti dai due passaggi precedenti quantificando numericamente il valore delle variabili analizzate. Si utilizzerà una scala che va da -1 a 1, ciò per una maggiore chiarezza infatti con il -1 andrà ad indicare un ruolo altamente repulsivo lo 0 uno neutro e l'1 uno attrattivo.

Le variabili che si ritengono essere significative e che verranno dunque utilizzate sono sette:

1. **Altitudine**, benché essa sia indicata come molto significativa dalla disposizione attuale degli oliveti, non viene citata dalle fonti antiche. Per questo motivo si è deciso di assegnarle un ruolo di scarsa importanza, riconoscendole dunque un qualche valore solo per quanto riguarda le altitudini più elevate, con un peso leggermente negativo (vedi tabella 6.4d).
2. **Pendenza**, la pendenza è indicata sia dalle fonti antiche che da quelle moderne come di primaria importanza. Si utilizzeranno valori leggermente negativi per le fasce più pianeggianti, positivi per le pendenze medie e nuovamente negativi per quelle alte (vedi tabella 6.4b).
3. **Indice topografico**, l'accumulo e la stagnazione dell'acqua è una delle principali indicazioni che viene data dagli autori antichi e risulta essere, anche se non con la stessa intensità, seguita anche dagli oliveti moderni. L'importanza di questo fattore è considerata di importanza primaria anche da White¹⁰ e Joolen¹¹. Le zone ben drenate saranno dunque considerate essere altamente attrattive mentre le altre saranno indicate come repulsive (vedi tabella 6.4c).
4. **Esposizione**, questa variabile viene considerata essere piuttosto significativa dalle fonti mentre è poco influente nella disposizione attuale degli oliveti. Si considereranno come attrattive le zone esposte a Nord e Nord-Ovest che sono considerate in questa maniera da entrambe le fonti, si darà un ruolo meno importante alle altre esposizioni verso Ovest e uno ininfluente alle altre (vedi tabella 6.4a).
5. **Distanza dalle città**, la distanza dalle città sarà tenuta in considerazione in quanto per gli oliveti contemporanei essa è una variabile estremamente importante e doveva esserlo anche in antico in quanto la città svolgeva il ruolo fondamentale di stoccaggio¹², raccolta delle tasse e di mercato. Questa, come la successiva, sarà utilizzata riclassificando i valori del *raster* di partenza nel *range* tra -1 e 1.
6. **Distanza dall'acqua**, questa variabile non citata dagli autori antichi, verrà comunque utilizzata, in quanto si considera la possibilità di irrigazione un fattore da tenere in considerazione, anche se l'olivo non è una pianta che necessita di particolari cure sotto questo punto di vista, per questo le sarà dunque assegnata un peso relativo basso (vedi tabella 6.5).
7. **Geologia**, la geologia sarà considerata limitandosi ad assegnare un valore positivo alle zone caratterizzate da ghiaia, secondo le indicazioni delle fonti letterarie, negativo per

¹⁰White 1970.

¹¹Joolen 2003, p. 127.

¹²Un *horreum olearium* è citato in un'iscrizione ritrovata nel sito urbano di *Henchir el Oust* (Ferchiou e Ladjimi Sebaï 2002, AE 1991.1645).

quelle tipologie identificate come molto significative per le zone incolte e neutra per tutte le altre (vedi tabella 6.3)¹³.

Classi	Valore	Motivazione
TRIAS-T, TRIAS-TB, TRIAS-TC, TRIAS-TD, YPRESIEN-EY, YPRESIEN-LUTETIEN-EY-L, ALBIEN-CAL, CAMPANIEN-CCA-M, CENOMANIEN-CCE2	-1	Confronto con incolto moderno
EBOULIS-QE, OLIGOCENE-O, PLIOC-CONT-PLC	1	Fonti letterarie

Tabella 6.3: Valori assegnati alla geologia

Fascia	Valore	Fascia	Valore
NE	0	0:5	-1
N	0	5:7	0.5
NO	0.5	7:9	0
O	0.5	9:11	-0.5
SO	0.5	11:50	-1
S	0.3		
SE	0		
E	0		
(a) Esposizione		(b) Pendenza	
Fascia	Valore	Fascia	Valore
0:5	1	100:349	0
5:7	0.5	349:422	0
7:9	0	509:597	0
11:50	-1	597:963	-0.5
(c) Indice Topografico		(d) Altitudine	

Tabella 6.4: Valori impostati per esposizione (a), altitudine (b), pendenza (c) ed indice topografico (d)

Pesi relativi

In questo passaggio è necessario considerare il peso relativo delle variabili, ossia quali si ritengono essere le più rilevanti e a quali assegnare un peso minore.

Pendenza e drenaggio del suolo si sono rivelate senza dubbio i fattori considerati più importanti. L'esposizione è importante per le fonti e in parte per gli oliveti moderni. La geologia è rilevante per entrambe ma la sua applicazione è più soggetta ad errori e quindi la sua importanza deve essere in parte limitata. Infine l'altitudine e la distanza dall'acqua sono le meno importanti per le motivazioni espresse nella sezione precedente. Si potrebbe quindi a grandi linee riassumere queste indicazioni in un semplice schema dalla più alla meno importante.

¹³Per una breve descrizione delle varie tipologie si rimanda alla sezione tavole B.3.

Pendenza -> Indice Top. -> Espos. -> Geologia -> Dist. Città -> Altit. -> Dist. acqua

Ciò non è però sufficiente, è infatti necessario compilare una tabella che indica per ogni variabile l'importanza relativa rispetto ad ognuna delle altre. Compilata questa matrice di comparazione, si ottengono i pesi in tabella 6.5 e un CR¹⁴ molto basso di 0.015 che si può considerare ottimale. In base a questi pesi si ottiene il modello di *suitability* per la coltivazione dell'olivo, rappresentato in figura 6.6.

	Slope	I. Top.	Aspect	Geologia	D. città	Altit.	D. acqua	Pesi
Slope	1.000	1.538	1.667	1.818	3.000	5.000	5.000	0.281
Ind. Top.	0.650	1.000	1.250	1.429	2.500	5.000	5.000	0.228
Aspect	0.600	0.800	1.000	1.000	1.000	1.667	2.000	0.133
Geologia	0.550	0.700	1.000	1.000	1.250	1.667	2.000	0.131
D. città	0.333	0.400	1.000	0.800	1.000	1.667	2.000	0.106
Altit.	0.200	0.200	0.600	0.600	0.600	1.000	1.250	0.065
D. acqua	0.200	0.200	0.500	0.500	0.500	0.800	1.000	0.056
sum	3.533	4.838	7.017	7.147	9.850	16.800	18.250	1.000

Tabella 6.5: Pesi relativi delle variabili utilizzate nella MCE

6.4 Site catchment

Per valutare l'apporto che questa variabile può aver avuto nell'influenzare la disposizione dei siti archeologici, non potendo questa essere utilizzata come nuova variabile del modello predittivo, si è deciso di utilizzare un approccio basato sull'analisi del *site catchment*.

Nella definizione dell'estensione del "territorio di competenza" di ogni sito si potrebbero utilizzare quattro approcci differenti.

1. **Approccio isotropico**, non considera la direzione del movimento¹⁵, ma utilizza comunque un costo, la pendenza, che si applica al movimento. In questo modo si considera di fatto non solo l'andata ma anche il ritorno, è l'approccio utilizzato nel calcolare la *cost-distance* nel capitolo precedente, questo è sembrato corretto in quanto parlando di territorio di pertinenza è necessario considerarle entrambe.
2. **Approccio anisotropico**, Il secondo invece considera anche la direzione in cui si effettua il movimento¹⁶, differenziando dunque tra salita e discesa. Le salite hanno un costo maggiore e le discese minore ad eccezione delle discese molto pendenti che sono anch'esse in parte sfavorevoli. In questo modo però si considera il percorso solo di andata ossia dal sito al territorio circostante e non il contrario.
3. **Approccio anisotropico inverso**, inverte il costo anisotropico, considerando cioè le salite a partire dal sito come più favorevoli rispetto alle discese considerando il fatto che il lavoro più pesante di trasporto delle olive dai campi alla pressa sarebbe stato più favorevole in caso di discesa.
4. **Buffer**, si effettua un test considerando invece un semplice *buffer*¹⁷ di 400 metri

¹⁴ *Consistency Ratio*. Questo valore serve per indicare la validità della tabella, valutando se i valori immessa in essa siano compatibili tra loro, generalmente un valore inferiore a 0.1 è considerato ottimale (vedi sezione 4.3.1).

¹⁵ Comando di GRASS `r.cost`.

¹⁶ Comando di GRASS `r.walk`.

¹⁷ Comando di GRASS `r.buffer`.

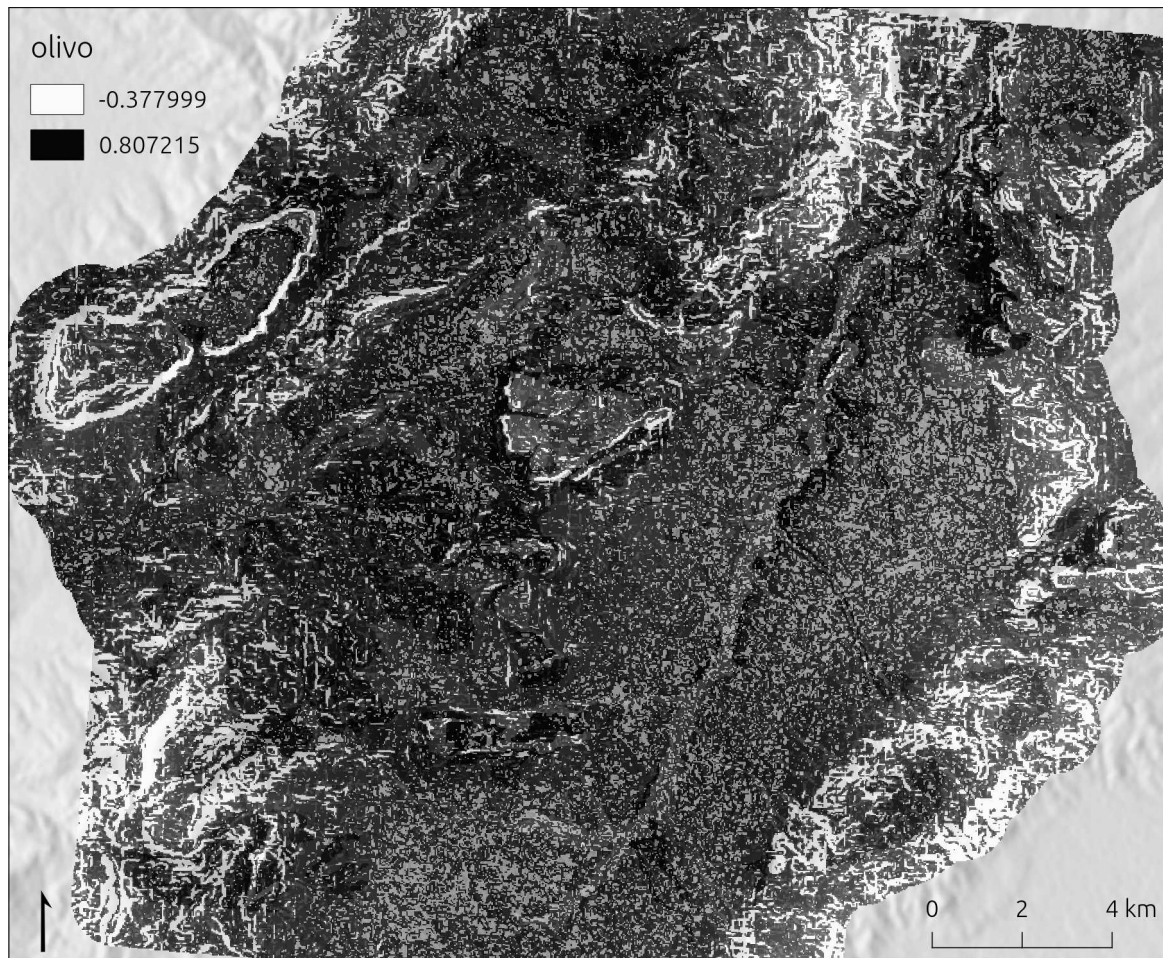
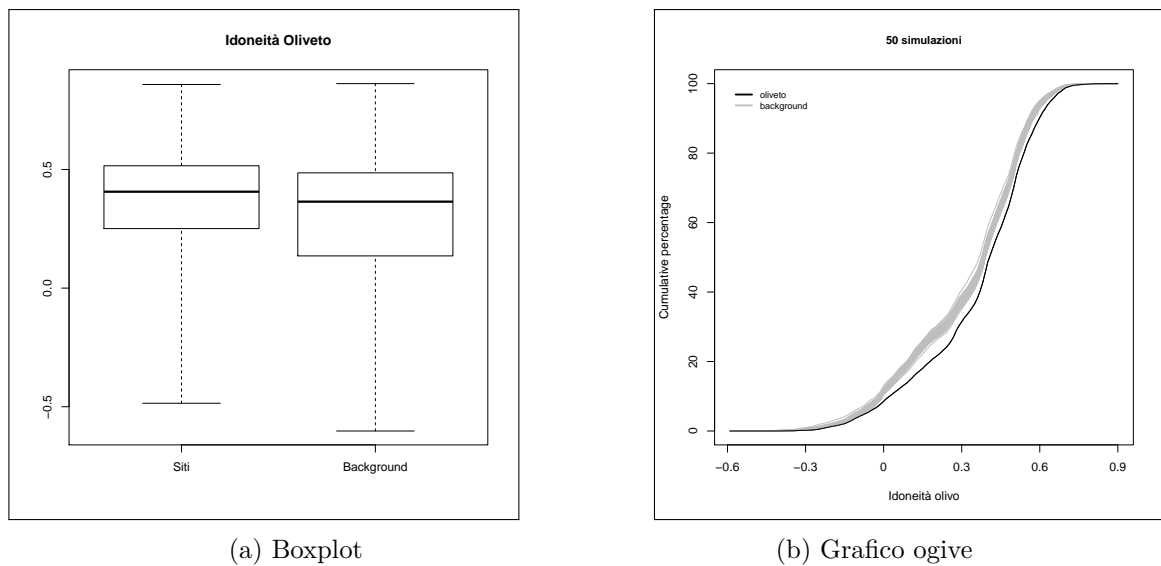


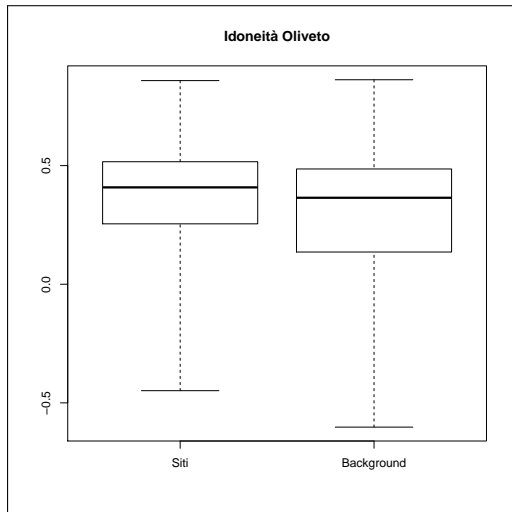
Figura 6.6: *Suitability map*, per la coltivazione dell'olivo



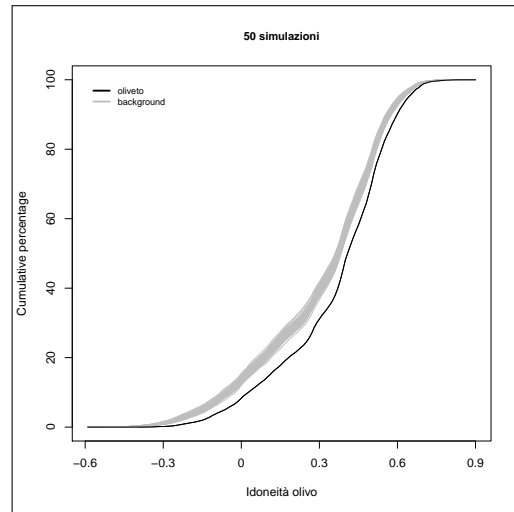
(a) Boxplot

(b) Grafico ogive

Figura 6.7: Isotropico

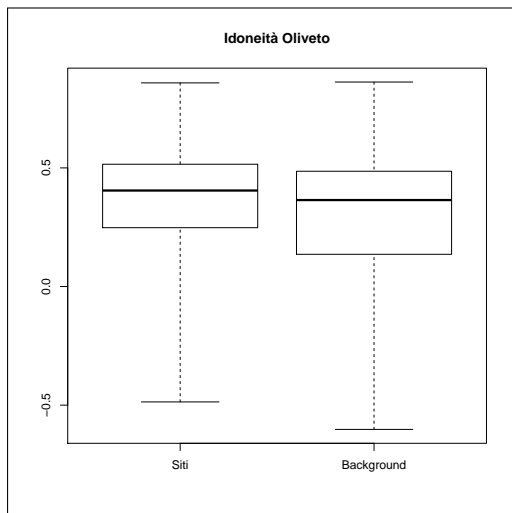


(a) Boxplot

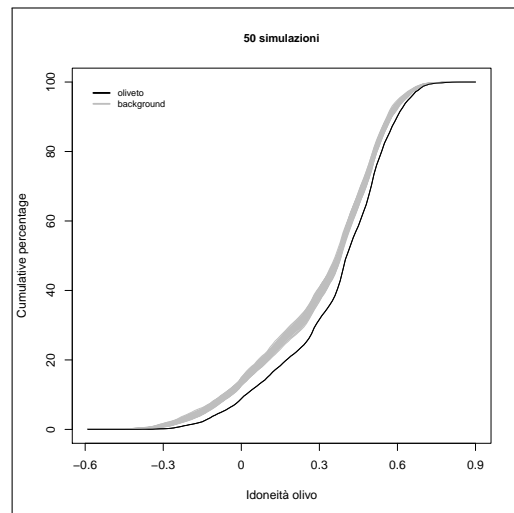


(b) Grafico ogive

Figura 6.8: Anisotropico

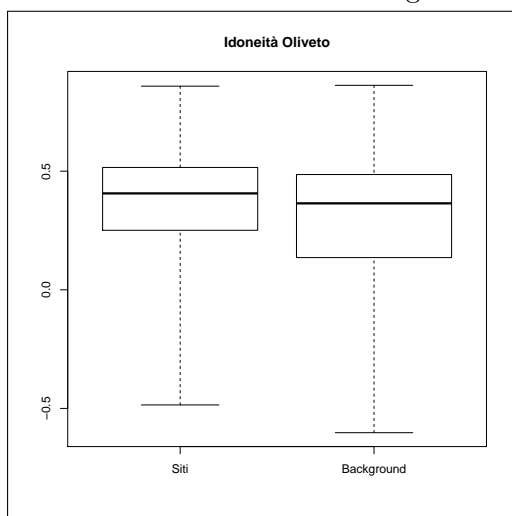


(a) Boxplot

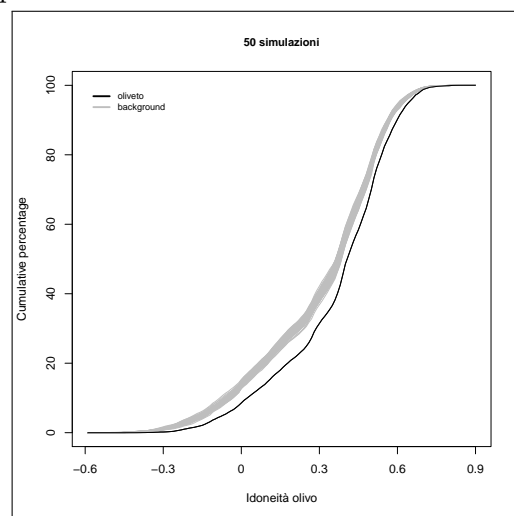


(b) Grafico ogive

Figura 6.9: Anisotropico Inverso



(a) Boxplot



(b) Grafico ogive

attorno al sito.

Il principale difetto dei primi tre approcci è che, basandosi sul costo di percorrenza, si generano aree le cui estensioni possono essere anche piuttosto differenti tra loro. Infatti i siti in pianura hanno aree di estensione molto più vaste di quelli in collina o comunque nelle vicinanze di una forte pendenza. Questa constatazione, unita al fatto che la stessa pendenza è stata considerata come la variabile più importante nel determinare l'idoneità di coltivazione dell'ulivo, porta al rischio di escludere dai territori dei siti molte zone con valori bassi e di conseguenza sopravvalutare i valori positivi. Un'eventualità di questo tipo è comunque esclusa dall'ultimo approccio che non considera le pendenze e che, come si vedrà, restituisce risultati del tutto paragonabili a quelli degli altri tre.

Utilizzando questi quattro tipi di *catchment area* si andrà ora a testare come si dispongono gli oleifici in relazione a questo modello, nelle figure 6.10a, 6.9a, 6.7a e 6.8a si riportano i confronti della variazione del terreno nelle vicinanze degli oleifici rispetto alla media di tutto il territorio. Si può notare come la media dei siti abbia in tutti i casi un valore più alto ed una varianza minore rispetto al terreno di *background*.

Nelle figure 6.10b, 6.9b, 6.7b e 6.8b si confrontano invece le percentuali cumulative della *catchment area* degli oleifici rispetto a quello di un numero identico di siti casuali, il test è ripetuto 50 volte, il *p-value* del KST che si approssima in tutti i casi allo 0, anche questo test dà quindi un risultato positivo, la disposizione dei siti è correlata a quella del terreno.

Per tutti e quattro gli approcci dunque i siti si dispongono in maniera significativa rispetto al modello, il terreno nelle loro vicinanze infatti è mediamente più adatto all'olivicoltura rispetto a quanto si verifica con una disposizione casuale di siti. Dai risultati di questi test si può dunque affermare che sembra esserci una correlazione tra la posizione dei siti e il terreno potenzialmente sfruttabile dagli stessi.

7

VALUTAZIONE DEL TERRITORIO

Se la modellazione predittiva tende a considerare solo la parte del territorio occupata dal sito tralasciando il terreno circostante, le analisi del capitolo precedente considerano il bacino di approvvigionamento dei siti senza però differenziare in base alla loro importanza. Evidentemente anche questo procedimento è in un certo modo incompleto, in questo capitolo si cercherà dunque di definire con maggiore precisione i bacini di approvvigionamento dei siti, tenendo in considerazione anche il loro ruolo all'interno del tessuto produttivo.

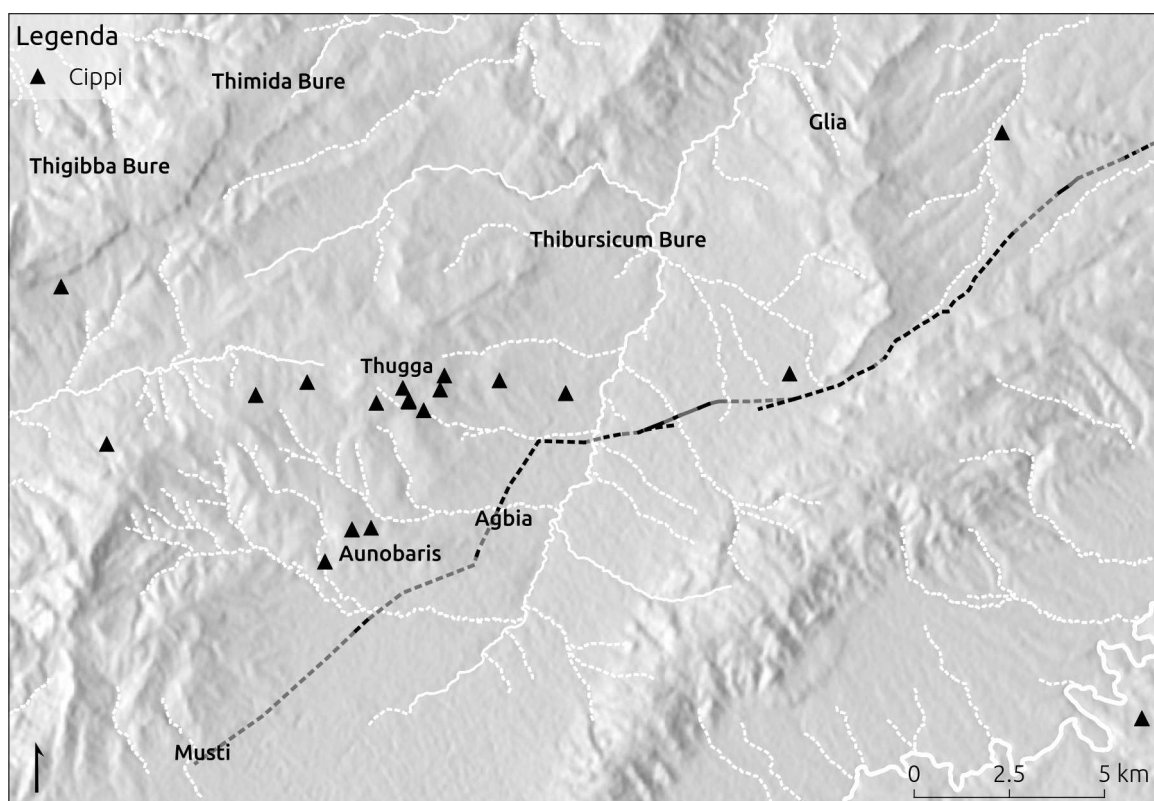


Figura 7.1: Cippi di confine ritrovati durante il *survey* o da autori precedenti

Definire quale potesse essere il territorio di pertinenza di un sito è una questione complessa alla quale sicuramente non si potrà mai dare una risposta con sicurezza. Infatti, per quanto

riguarda i confini, benché l'utilizzo di cippi che delimitano il territorio, di città e di privati, sia attestato nei territori indagati in Tunisia (fig. 7.1), i ritrovamenti di questo genere sono pochi casi isolati¹ e non si possono dunque utilizzare per analisi su larga scala.

Per quanto riguarda l'estensione invece si ritiene possibile cercare di estrapolare questo dato dalle fonti archeologiche.

La decisione di intraprendere una strada complessa e facilmente oggetto di critica è dovuta in primo luogo all'opportunità che ci fornisce la tipologia di siti che è stata presa in esame. Infatti fattorie che coltivavano principalmente cereali difficilmente forniranno spunti per poterne almeno cercare di calcolare il loro bacino di approvvigionamento. Al contrario le presse forniscono questa possibilità e più di un archeologo che si sia interessato agli oleifici antichi ha dedicato una parte del proprio lavoro a stimarne la capacità produttiva². Una volta che questa è stata stimata è di conseguenza possibile ipotizzare l'estensione del terreno agricolo necessario alla produzione di quella quantità di olive. Questo lavoro richiede una serie di passaggi, ognuno dei quali presuppone delle ipotesi che non potranno essere soggette ad una verifica e portano dunque ad un certo livello di approssimazione del risultato finale.

Il capitolo inizierà con una serie di analisi allo scopo anzitutto di valutare la fattibilità di una stima della produttività delle presse. Si andrà quindi ad analizzare prima il metodo per conoscere il numero delle presse, in seguito quello per la produttività della singola pressa ed infine la definizione dell'estensione del territorio coltivato ad oliveto.

7.1 Numero delle presse

Il primo passo per una stima della capacità produttiva risiede nella stima corretta del numero di presse che erano presenti nelle fattorie. Questo è naturalmente una questione molto complessa dal momento che le variabili da considerare sono molte.

Come accennato nei capitoli precedenti una pressa è composta da quattro elementi lapidei che sono quindi individuabili durante la ricognizione. Incastro, architrave, base e contrappeso. Ogni pressa possiede un solo elemento per tipologia quindi il modo più semplice di calcolare il numero minimo di presse presenti in un sito è quello di associarlo al numero massimo di elementi di una singola tipologia ritrovati, seguendo questo metodo nel caso vengano rinvenuti quattro contrappesi nello stesso sito si deduce la presenza di un minimo di quattro presse.

La questione però è molto più complessa dal momento che non si può essere certi che i vari elementi funzionassero tutti contemporaneamente, spesso infatti alcuni di questi vengono ritrovati riutilizzati come materiale edilizio (figura 7.2). Il numero



Figura 7.2: DU282. Incastro reimpiegato in una chiesa come materiale edilizio (foto M. de Vos)

¹Anche se nelle immediate vicinanze di *Thugga* ne sono stati rinvenuti 15 di cui però non è sempre nota con precisione la collocazione originaria (Khanoussi e Maurin 2000, pp. 162-3).

²Mattingly 1988; Locatelli 2008; H. Forbes 1992; Marzano 2013a; Ørsted 2000a; Bermejo Tirado 2010.

minimo di presse potrebbe essere stato dunque sostanzialmente inferiore a quello individuato in precedenza.

Considerando però con maggiore attenzione le modalità di ritrovamento è necessario sottolineare che il numero degli elementi ritrovati in superficie è già di per sé una stima di quelli realmente esistenti in antico e questa stima è senza dubbio abbondantemente per difetto in quanto, senza considerare il numero di quelli che ormai sono andati irrimediabilmente distrutti nel corso dei secoli, se i siti fossero scavati, il numero di elementi sarebbe considerevolmente maggiore. Ciò si può dedurre anche dal gran numero di presse che è stato possibile documentare solo in seguito al ritrovamento di uno scavo clandestino (vedi figura 7.3), fenomeno che è purtroppo in aumento negli ultimi anni.

Non si può dunque conoscere con certezza il numero di presse che operavano in un determinato momento in un sito, si può però provare a farne una stima cercando di individuare quali sono i fattori che hanno maggiormente influenzato il numero di elementi di torchio presenti su un sito.

In primo luogo vanno valutate le correlazioni tra il numero di elementi di pressa e due variabili, la durata cronologica e l'estensione del sito. Per fare ciò si utilizzeranno i dati provenienti dalla ricognizione in Tunisia che, per le ragioni già ricordate, è l'unica che fornisce i dati necessari. I dati saranno illustrati in *boxplots* e *scatterplots* e, utilizzando la regressione lineare semplice (4.2.5), si verificherà se è possibile sostenere l'esistenza di un relazione lineare tra le variabili considerate.

7.1.1 Relazione tra numero torchi, durata ed estensione

Una delle osservazioni più logiche al conteggio dei torchi è naturalmente quello di associarlo alla durata cronologica dei siti³.

N. di fasi	Siti con pressa %
1	3.39
2	12.71
3	36.44
4	47.46

Tabella 7.1: Siti per numero di fasi



Figura 7.3: DU735, contrappeso in sezione di uno scavo clandestino (foto. M. de Vos)

Questa supposizione deve però essere verificata, si può iniziare analizzando la tabella 7.1 in cui si può notare come quasi la metà dei siti databili e con elementi di pressa presenti attestazioni di tutte e quattro le fasi considerate in questo lavoro e solo poco più del 15% ha attestazioni di solo una o due fasi. In modo particolare i siti con attestazioni provenienti da una sola fase storica sono in numero non rilevante e dunque da qui in avanti questi siti saranno considerati come facenti parte della

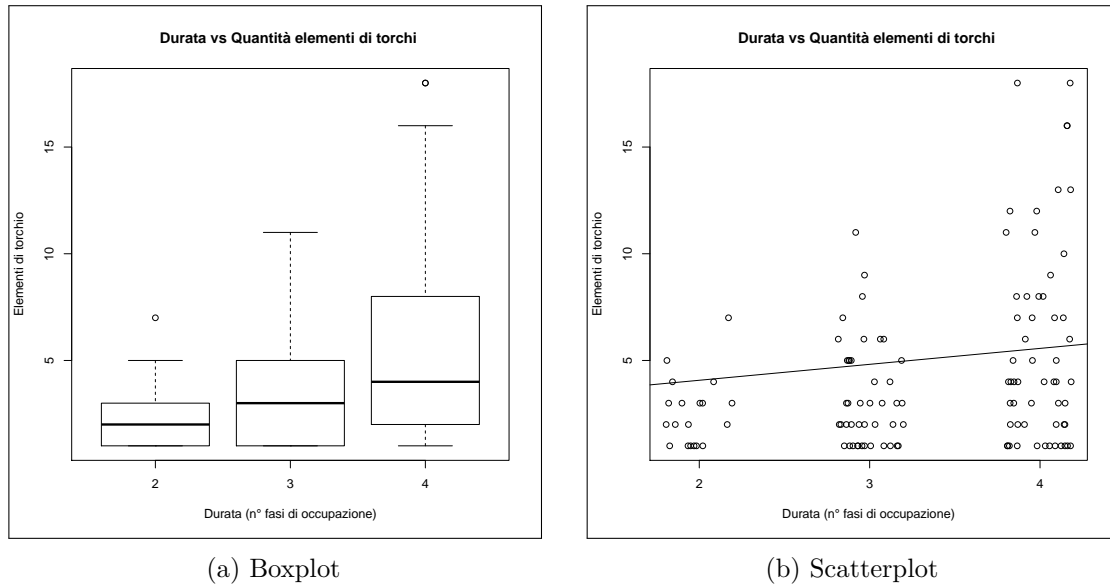


Figura 7.4: Rapporto tra durata e numero di elementi di pressa

classe di due fasi storiche.

Per approfondire la conoscenza dei nostri dati si possono osservare in figura 7.4 un *boxplot* e uno *scatterplot*. Il primo mostra la distribuzione della quantità di elementi di pressa per sito all'interno delle varie classi, è indicata la media (la linea nera più spessa al centro), i quartili e la varianza. Si può notare come sembra esserci un'effettiva correlazione tra queste due variabili. Impresione confermata dal secondo grafico.

Per la regressione lineare si deve valutare il tipo di variabile rappresentata dalla quantità di fasi. Essa benché espressa in valori numerici può essere considerata come un valore continuo? O è più corretto ritenerla un valore categoriale? Questa distinzione cambia notevolmente il modo di esecuzione e i risultati della regressione. Si è giunti a ritenere corretto mantenere la variabile di tipo continuo in quanto 4 periodi cronologici indicano effettivamente una durata circa doppia rispetto a 2 periodi e così via. Questa digressione risulta comunque non fondamentale in quanto dall'analisi dei residui si nota immediatamente come questi siano eteroschedastici⁴ e quindi la regressione lineare risulta non valida in quando i dati violano l'assunto di omoschedasticità necessario per le analisi di regressione.

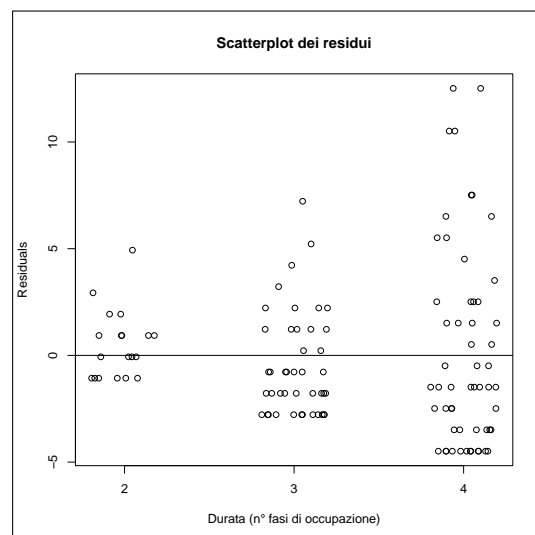


Figura 7.5: Residui

Si deve concludere quindi che benché si possa intravedere una tendenza ad un aumento della quantità di elementi di torchio in base all'aumento della durata cronologica questa non possa essere ritenuta una relazione lineare. In altri termini si potrebbe dire che i siti con maggiore durata hanno una media maggiore di elementi di torchio, ma dal momento che un numero alto si verifica solo in alcuni casi si può ritenere che non sia necessariamente la

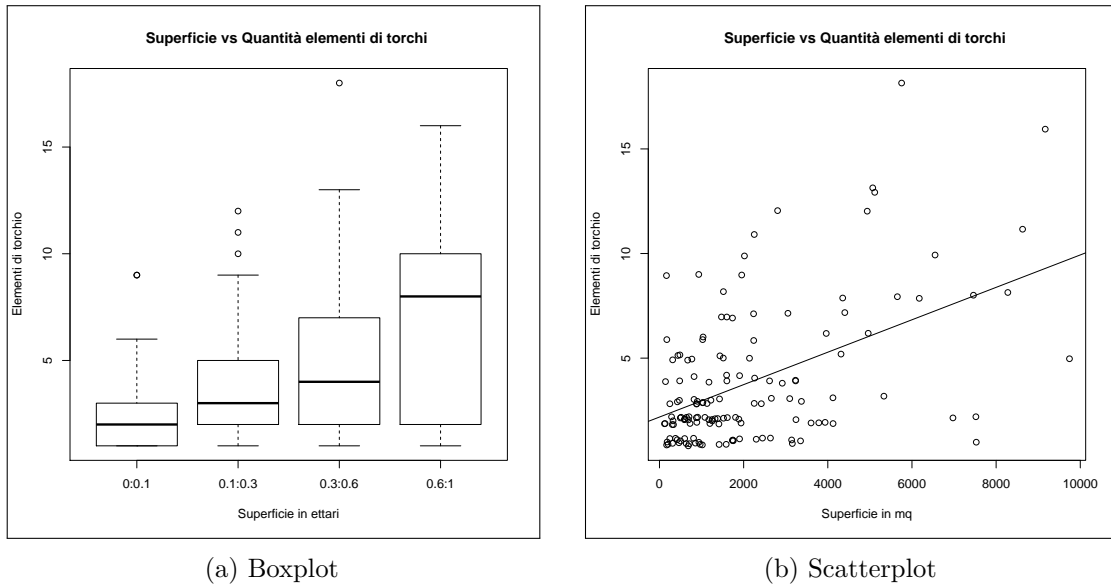


Figura 7.6: Rapporto tra estensione e numero di elementi di pressa

maggior o minor durata del sito ad influenzarlo.

Esiste però un'altra variabile che può influenzare in maniera importante il numero di elementi di pressa rinvenuti in un sito, la sua estensione. Infatti è naturale ritenere che siti più grandi possedessero anche più presse, va valutato quindi se questa relazione sia più o meno forte di quella descritta sopra.

Procedendo con ordine, in tabella 7.2 si può osservare come la maggior parte dei siti si trovi al di sotto dei 0.3 ettari (3000 metri quadrati), divisi equamente tra siti inferiori ai 0.1 ettari e siti tra questi due estremi. Del restante terzo la maggioranza si trova comunque al di sotto dell'ettaro di estensione e solo pochi si trovano al di sopra. Questi ultimi sono interpretabili come città o agglomerati e per questo motivo dovrebbero essere esclusi dall'analisi.

Estensione	Siti con pressa %
0.01:0.1	37.59
0.1:0.3	37.59
0.3:0.6	17.73
0.6:1	7.09

Tabella 7.2: Siti per estensione

l'eteroschedasticità dei dati. Come si può vedere nella figura 7.7 anche qui ci si trova di fronte dei dati che non permettono di ipotizzare l'esistenza di una relazione lineare tra le due

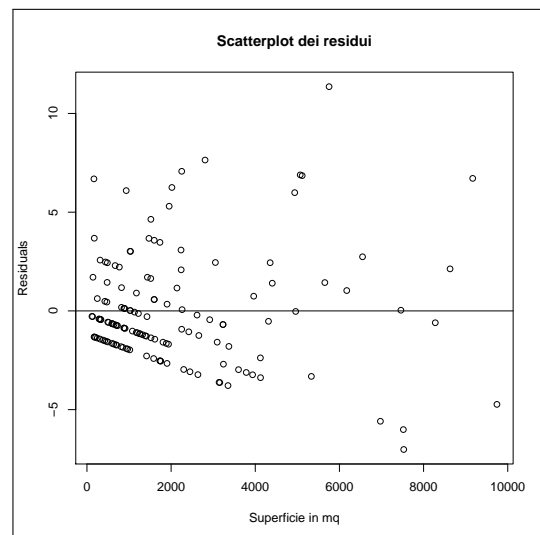


Figura 7.7: Residui

Si possono ora osservare i grafici in figura 7.6. È evidente come una correlazione esista e sia anche molto forte, tra queste due variabili. Nel *boxplot* 7.6a le estensioni sono state suddivise nelle stesse classi della tabella 7.2 (superficie espressa in ettari) mentre nello *scatterplot* 7.6b la superficie è riportata in metri quadrati.

Anche in questo caso però perché sia possibile effettuare una analisi di regressione si deve considerare

³Hobson 2012, pp. 129-130.

⁴La varianza di una variabile casuale varia tra le diverse osservazioni.

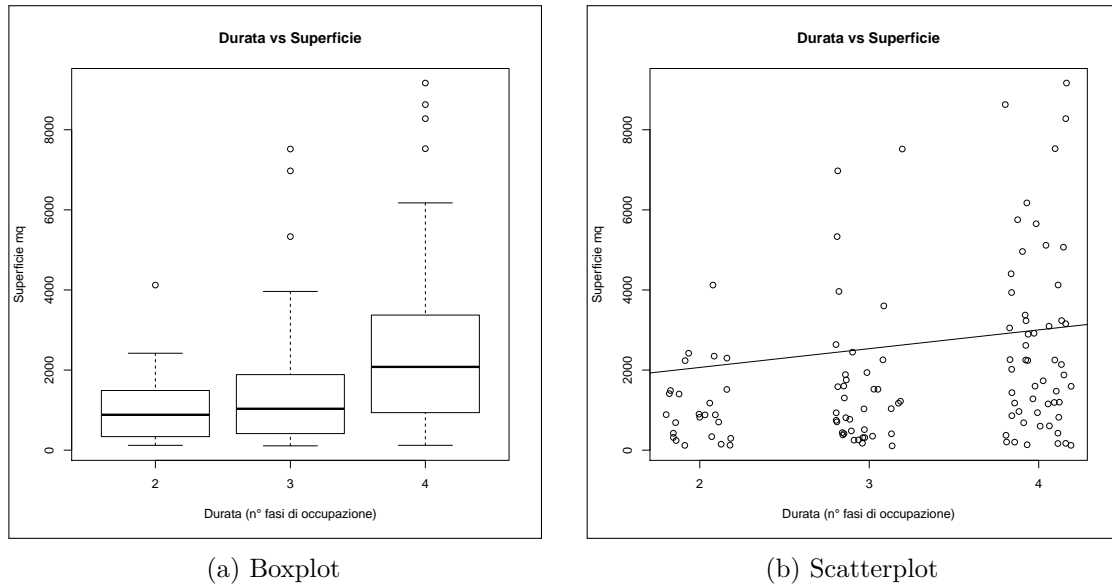


Figura 7.8: Rapporto tra estensione e numero di fasi attestate

variabili. Ci si trova dunque ancora nella situazione in cui si può intuire una relazione ma non è possibile definirla lineare. Non è l'estensione, o non è solo l'estensione, a determinare la quantità di elementi ritrovati in un sito.

Va ora analizzata anche la relazione che intercorre tra la durata cronologica di un sito e la sua estensione, esse potrebbero infatti influenzarsi vicendevolmente in quanto siti più grandi, dunque probabilmente più importanti potrebbero aver avuto una longevità maggiore e allo stesso modo una maggiore durata potrebbe portare ad un ingrandimento della superficie.

La dimensione media dei siti aumenta con l'aumentare della "longevità". Questa relazione è ben illustrata dal *boxplot* 7.8a e dallo *scatterplot* 7.8b. Già da questi due grafici è però evidente che la situazione di eteroschedasticità si ripeta anche in questo caso e ciò è confermato anche dal grafico dei residui. Ci si trova dunque ancora nella situazione di non poter applicare una regressione lineare a questi dati.

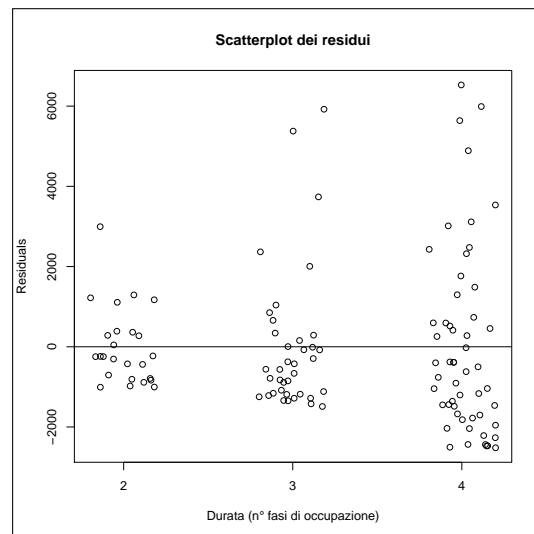
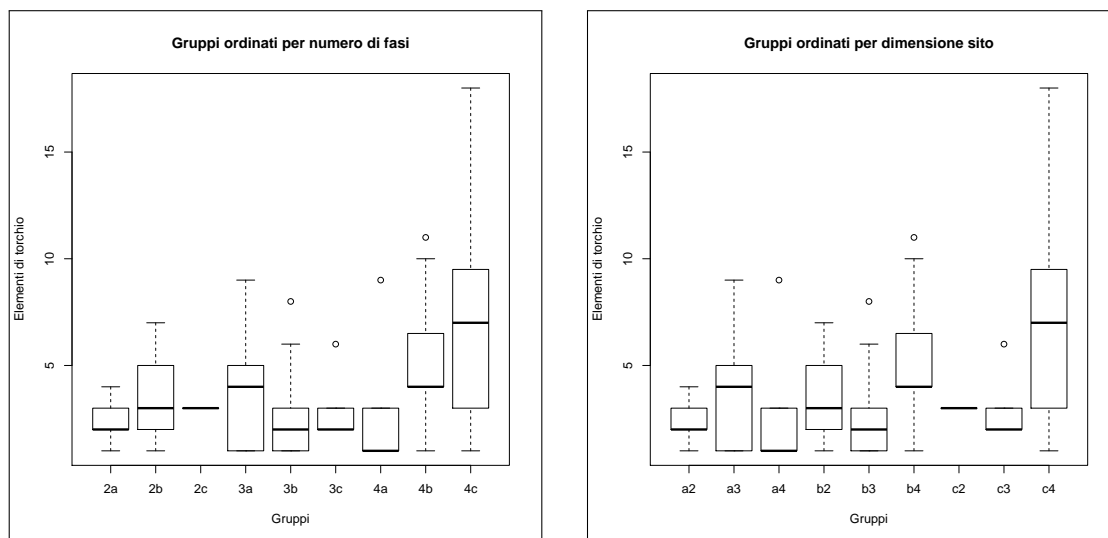


Figura 7.9: Residui

Quali sono dunque le osservazioni che si traggono dai risultati di queste analisi?

In primo luogo si è stabilito come, benché non vi sia una relazione lineare, è attestato un aumento medio del numero dei torchi sia rispetto alla durata cronologica di un sito che riguardo alla superficie. Queste due però si influenzano anche a vicenda, anche in questo caso in maniera non lineare.

Ciò potrebbe essere spiegato anche considerando il fatto che siti più estesi restituiscono più materiale ceramico ed è quindi più probabile che questo provenga da un numero maggiore di fasi cronologiche.



(a) Gruppi ordinati per fasi

(b) Gruppi ordinati per dimensione

Figura 7.10: Rapporto tra gruppi e numero di elementi di pressa

Si andrà ora a verificare come le due variabili interagiscano tra di loro, si creeranno dei gruppi in base all'estensione e alla durata cronologica e si analizzerà la loro disposizione. Per fare ciò si riducono le estensioni in categorie:

- (a) fino ai 0.1 ettari
- (b) da 0.1 ai 0.3 ettari
- (c) da 0.3 ad un ettaro

A questi si andranno ad associare le tre categorie di durata andando così a creare nove gruppi. Analizzando i relativi *boxplots* in figura 7.10 si cercherà di comprendere quale sia la variabile con una maggiore influenza.

Benché i dati a disposizione in questo caso risultino essere probabilmente troppo esigui per poter individuare delle tendenze con una certa sicurezza, si può notare come nel grafico 7.10a, che mette in ordine i gruppi in base al numero di fasi attestate, ci sia una tendenza ad aumentare la media di numero di elementi, almeno per quanto riguarda la categoria 2 e 4 mentre nel gruppo 3, ossia quello relativo all'attestazione di 3 fasi cronologiche, i siti piccoli (3a) presentano una media molto più alta di quelli medi e grandi (rispettivamente 3b e 3c). Al contrario per quanto riguarda il grafico 7.10b non si nota una correlazione in nessun gruppo, infatti sia i siti piccoli, che i medi, che i grandi, presentano andamenti medi differenti e in nessun caso c'è un aumento costante della media con l'aumentare del numero di fasi cronologiche attestate.

Si ritiene comunque necessario sottolineare come i siti che presentano un numero di presse elevato sia relativamente ridotto. In tabella 7.3a si può notare come, all'interno dell'area considerata, essi rappresentino una minoranza.

Se si guarda alla selezione dei siti con quattro o più torchi (tabella 7.3b) (calcolati attraverso il metodo descritto sopra) si nota immediatamente come la grande maggioranza, tra quelli che presentavano uno stato di conservazione sufficiente a misurarne l'estensione, siano siti di grandi dimensioni oppure agglomerati o città.

N_torchi	N_siti
1	103
2	54
3	14
4	9
5	6
6	6
7	3
8	1
9	2
10	1

(a) Numero torchi

Sito	Area (ettari)	N_torchi
DU005	0.87	5
DU025	0.82	10
DU031	0.23	4
DU049	0.51	5
DU063	0.92	6
DU066		9
DU131	0.15	4
DU187	0.83	4
DU282	0.58	9
DU309	2.65	7
DU388	2.47	5
DU390	0.51	4
DU395	4.60	6
DU498	3.79	5
DU509	0.20	4
DU510		4
DU512	0.28	7
DU527	0.62	6
DU549		5
DU550	5.11	8
DU565	1.39	4
DU578	0.44	6
DU587		4
DU601	0.32	5
DU618		4
DU758	2.40	6
DU773	0.50	7
DU779	0.66	6

(b) Estensione dei siti con quattro o più presse

Tabella 7.3: Numero di torchi (a) e estensioni siti con quattro o più torchi (b)

Conclusioni Queste analisi benché non offrano risultati statisticamente validi e quindi non diano certezze hanno aiutato a comprendere come alcune delle variabili che possono influenzare il numero di elementi presenti in un sito agiscano su questi e interagiscono tra di loro. Si può ritenere dunque che vi sia una relazione con la durata cronologica e l'estensione di un sito e anche che queste due si influenzano tra di loro. Proprio questo fatto assieme all'eteroschedasticità dei dati ha impedito di approfondire queste analisi con delle regressioni lineari semplici e multivariate. I dati sembrano comunque suggerire che la variabile che tende ad influenzare maggiormente il numero di presse presenti in un sito sia l'estensione dello stesso piuttosto che la sua durata cronologica.

Il numero di torchi per sito sarà dunque calcolato basandosi sul metodo classico di conteggio degli elementi, con l'aggiunta di una verifica sito per sito in cerca dei casi in cui, basandosi sulla posizione o sul rinvenimento *in situ* o meno, sia possibile effettuare una stima differente, minore o maggiore. Questa è sembrata, per diverse ragioni, l'unica strada percorribile.

In primo luogo si ritiene necessario basarsi unicamente sui dati raccolti sul campo, senza

effettuare ipotesi arbitrarie che altererebbero ancora di più i risultati finali. Si è inoltre certi che il numero di elementi riscontrato sia nella grande maggioranza dei casi una stima per difetto di ciò che è realmente esistito in antico. A tal proposito si è già citato l'esempio degli scavi clandestini che riportano spesso alla luce parti di torchio. Sempre in relazione al numero di elementi non visibili, in quanto interrati, un sito in particolare può aiutare a comprendere meglio l'influenza che questo può avere nel conteggio del numero minimo di presse.

Aïn Ouassel è l'insediamento che, esclusa *Thugga*, ha riportato il numero maggiore di elementi di torchio e di conseguenza di presse. È inoltre l'unico ad essere stato oggetto di scavo e risulta dunque il sito rurale che si conosce meglio. Dei 29 elementi ritrovati nel sito, 7, ossia il 25%, tra quelli *in situ* (4) e quelli sporadici (3), sono stati individuati nell'area di scavo. Questa rappresenta però solo il 3% dell'estensione completa del sito. Nel caso specifico il numero totale di torchi viene aumentato solo di uno in base ai rinvenimenti dello scavo, ma se si riportasse questa percentuale di rinvenimento su tutto il sito, il numero totale di elementi diventerebbe ben più elevato di quello attuale⁵. Risultati simili si otterrebbero se si mantenesse ovunque la proporzione di un elemento visibile corrispondente ad almeno altri 5-6 interrati. Dunque uno scavo per esteso probabilmente confermerebbe o addirittura aumenterebbe il numero totale di presse singole.

Naturalmente si tratta di un caso limite, un sito che è conosciuto meglio di altri anche nelle parti non scavate, ma questo serve per far comprendere come per gli altri siti il numero di presse calcolato in questo modo sia una stima per difetto, già a livello intra-sito.

Non solo a livello intra-sito ma anche a scala regionale si ritiene che la stima sia per difetto in quanto:

1. Si può essere quasi certi che vi sia stata almeno una parte di siti che semplicemente non si sono conservati fino ai giorni nostri
2. Il mancato ritrovamento di elementi di pressa in siti che invece ne erano dotati in antico
3. Vi è sempre la possibilità di un mancato ritrovamento di siti, soprattutto nelle zone indagate a minore intensità

Dal momento che sarebbe impossibile stimare l'effettivo impatto di queste variabili, si è ritenuto corretto non effettuare nessun tipo di correzione e di utilizzare unicamente il numero che risulta dai dati raccolti.

L'eventualità opposta, ossia di una stima per eccesso del numero di torchi è legata al fattore cronologico. Come visto il numero di elementi per sito è legato sia all'estensione dello stesso che alla durata cronologica. Nel caso di un sito molto esteso si può ritenere che potessero funzionare anche un numero elevato di presse contemporaneamente. Nel caso di un sito di superficie molto ridotta, con molti elementi di pressa e con un periodo di frequentazione molto lungo, è più ragionevole pensare che non tutte le presse potessero funzionare contemporaneamente. In mancanza di scavi estensivi in un numero sufficientemente alto di siti da fornire un confronto valido, è anche in questo caso impossibile fare una stima corretta dell'importanza di questo fattore. Queste due variabili hanno effetti opposti e si può ritenere comunque che possano compensarsi a vicenda anche se malauguratamente non è possibile stabilire in quale misura.

⁵Se la densità fosse uniforme in tutta l'area del sito dovrebbero essere più di 200 ma è chiaro come debbano esserci aree a densità minore.

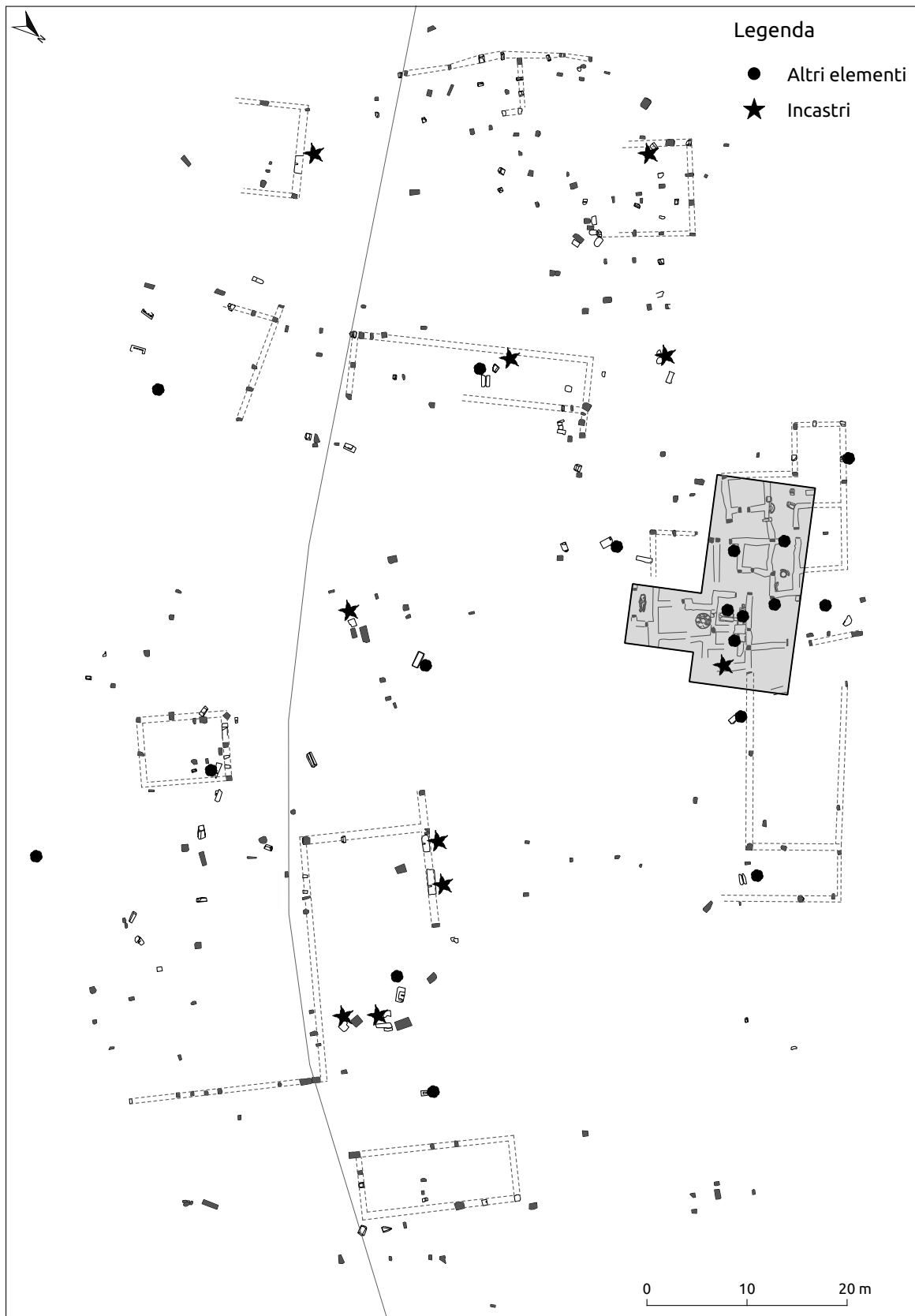


Figura 7.11: Il sito di *Ain Ouassel* e gli elementi di pressa presenti, in grigio l'area scavata

7.2 Stime di produttività

Per poter stimare la produttività è necessario, dopo aver stimato il numero delle presse, quantificarne le potenzialità produttive. Per fare ciò ci si deve basare sulle dimensioni delle parti lapidee conservate.

Tra le varie tipologie, quella che si lega in maniera più diretta alla produttività è il diametro dell'*ara*⁶, dalle dimensioni di questa dipende direttamente la quantità di olive che potevano essere impilate contemporaneamente all'interno degli sportini e dunque su cui era possibile applicare la pressione necessaria a spremerle.

Il primo passaggio sarà dunque quello di selezionare tutte le *arae* che hanno conservato il diametro del canale, il cui numero totale è di 47. Una quantità sfortunatamente piuttosto ridotta, ciò è dovuto soprattutto alle difficoltà di rinvenimento di questo tipo di elemento. Infatti la sua superficie piana e il suo scarso spessore ne facilitano l'interramento e e ne comportano dunque l'invisibilità durante una ricognizione di superficie.

A questo dato si può però aggiungere quello del contrappeso. Si può infatti presumere che dovesse esistere una relazione tra il diametro dell'*ara* e le dimensioni del contrappeso, in quanto maggiori saranno le dimensioni della base e dunque la quantità di olive da spremere, maggiore sarà la forza necessaria per questa operazione. Forza che è appunto esercitata dal contrappeso. Quindi dal peso di questo elemento dipende direttamente la forza applicabile alle olive e dunque la quantità di queste che è possibile spremere⁷.

La relazione tra *ara* e contrappeso è risultata essere realmente esistente e verificata nei casi in cui la conservazione *in situ* di questi due elementi ha permesso di essere certi che i due appartenessero effettivamente alla stessa pressa. Ricontrata dapprima in Tunisia⁸ per poi essere confermata anche dai rinvenimenti in Algeria, può essere espressa da queste equazioni:

$$\frac{A}{V_{cp}} = 17.59771 \quad (7.1)$$

$$A = 17.59771V_{cp} \quad (7.2)$$

$$O = \frac{V_{cp}}{1.504133} \quad (7.3)$$

$$O = \frac{A}{26.46930} \quad (7.4)$$

Dove per A si intende la superficie dell'*ara* in cm^2 , per V_{cp} il volume del contrappeso in dm^3 e per O i kilogrammi al giorno di olio producibili dalla pressa. L'applicazione di queste equazioni restituisce dunque già il potenziale massimo giornaliero di produttività di una pressa.

Il contrappeso è l'elemento più frequentemente rinvenuto nella ricognizione (331) e dunque permette di poter applicare queste equazioni nella maggior parte dei siti.

⁶Lanfranchi 2004.

⁷Senz'altro un altro fattore in gioco è la lunghezza del *prelum* ma questa poteva variare in un *range* limitato non potendo essere più lunga di quanto non lo permettesse la disponibilità e la qualità della materia prima a disposizione.

⁸Lanfranchi 2004, pp. 82-7.

7.2.1 Stima volume contrappesi

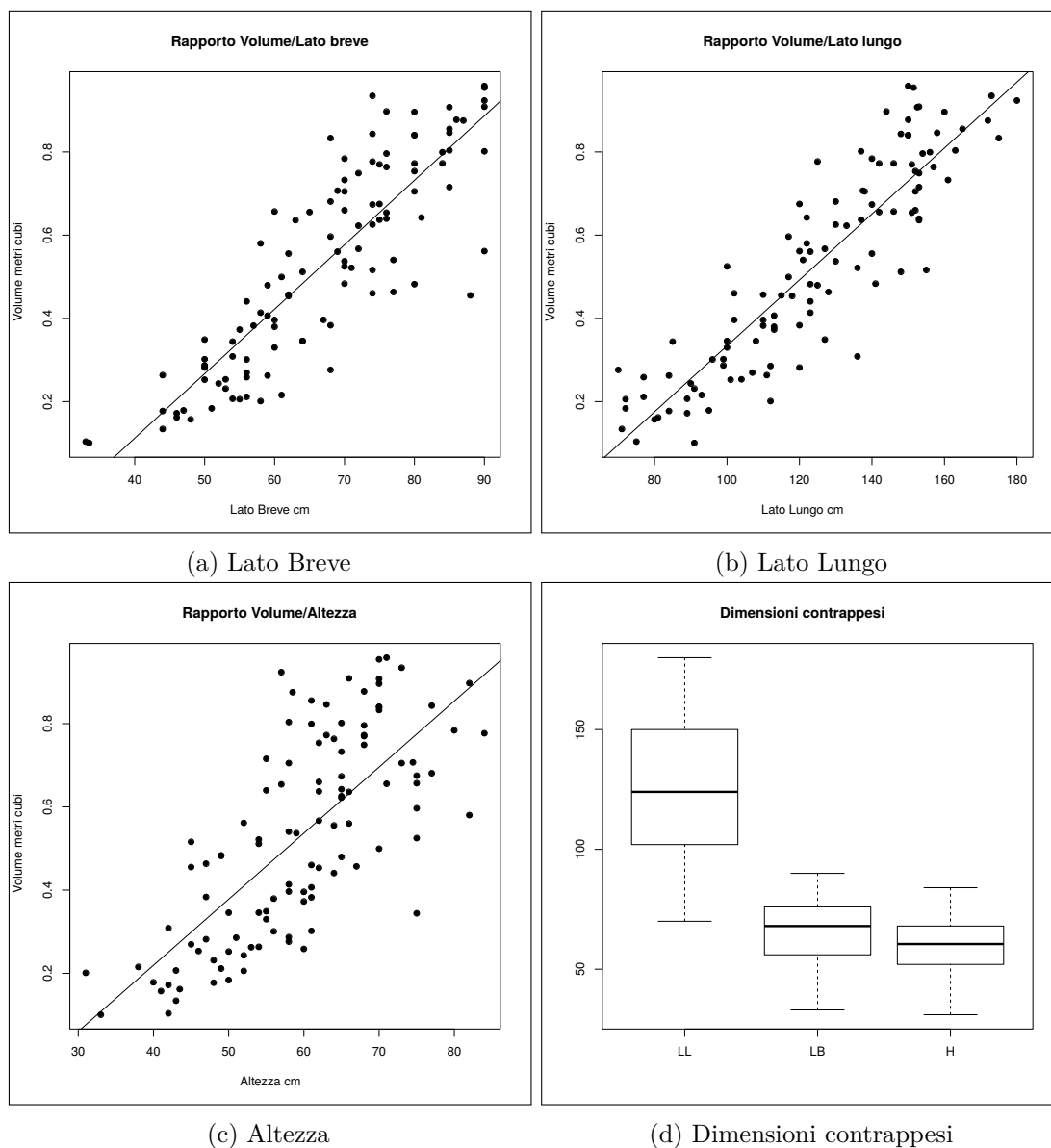


Figura 7.12: Rapporto tra le tre dimensioni e il volume totale

Non sempre il contrappeso è conservato per intero e talvolta per niente. Per poter portare avanti il lavoro è dunque necessario in primo luogo stimare il volume di tutti i contrappesi in base alle misurazioni disponibili.

Per calcolare il volume di un parallelepipedo è necessario conoscere le tre misure fondamentali, lunghezza, altezza e larghezza. Non sempre si conoscono tutte in quanto il contrappeso può essere interrato oppure rotto. Per molti altri però tutte le misure sono conosciute e dunque a partire da queste si possono stimare i volumi dei contrappesi non completi.

In figura (7.12) si possono osservare le relazioni che intercorrono tra ognuna delle misure e il volume del contrappeso. È evidente come intercorra una relazione lineare tra queste misure e il volume totale del contrappeso. Conoscendo quindi almeno una di queste si può ritenere possibile stimare con una certa accuratezza quale doveva essere il volume. Naturalmente ci

si trova raramente nella situazione in cui si conosce una sola misura e spesso ci si trova a conoscerne due. Per questo motivo per migliorare ancora la precisione della stima si può applicare una regressione multi-variata che considera due misure in relazione con il volume.

A livello di sito

Una volta registrate o stimate le dimensioni degli elementi “diagnostici” a livello di sito ci si può trovare di fronte a due situazioni:

1. Il numero di elementi misurati supera il numero di presse totali del sito
2. Il numero di elementi misurati è inferiore al numero di presse totali del sito

Il primo caso si può presentare nell’eventualità in cui in un sito siano presenti, facendo un esempio, un contrappeso e un’*ara* entrambi ben conservati e dunque misurabili. A questo punto benché essi potrebbero non essere stati ritrovati *in situ* e dunque potrebbero teoricamente appartenere anche a due presse diverse, il numero totale di torchi ipotizzati per quel sito sarà comunque di 1. I due elementi sono però entrambi misurati, è necessario scegliere in che modo si calcolerà l’ipotetica produttività di quella pressa. In questo caso si è scelta la strada più prudente ed invece di fare una media dei valori, si è deciso di eliminare il valore più alto tra i due.

Nel secondo caso, ci si trova invece nella situazione opposta, in cui il numero di elementi misurati non è sufficiente. Ciò può verificarsi nei casi in cui uno degli elementi utilizzati per la stima non sia ben conservato oppure nel caso in cui vengano ritrovati solo elementi non utilizzabili per la stima di produttività, come ad esempio gli incastri. In questo caso l’unica strada percorribile è sembrata quella di utilizzare come valore quello della media sfrondata⁹ (*trimmed mean*) al 5%, dei valori di produttività degli elementi diagnostici misurati.

Arrivati a questo punto del procedimento si è dunque in possesso della produzione teorica totale giornaliera di ogni sito e si deve procedere ad ipotizzare l’estensione del territorio di cui questi siti avevano bisogno per sfruttare appieno la loro capacità produttiva.

7.3 Dalla produttività al territorio

Lo scopo di questa sezione sarà quello di descrivere i procedimenti necessari per la stima del territorio a partire da quella della capacità teorica. I fattori da considerare sono numerosi ed ognuno di essi presuppone l’introduzione all’interno del processo di un ulteriore livello di incertezza. Anche in questo caso si applicheranno le ipotesi elaborate da Lanfranchi¹⁰. I fattori considerati sono cinque:

1. La durata della raccolta delle olive
2. I tempi morti dovuti ad imprevisti tecnici o meteorologici
3. La resa in olio delle olive
4. La resa in kg di olive per albero
5. La quantità di alberi per ettaro

⁹Eliminando cioè il 5% dei valori più alti e il 5% dei valori più bassi eliminando dunque dal computo i cosiddetti *outliers*.

¹⁰Si rimanda dunque a Lanfranchi 2008, 2004 per una trattazione più estesa dei problemi affrontati in questa sezione.

Source	Spacing in Roman pedes	Spacing in m	Approx. trees/ha	Region
Cato agr. 6.1	25	7.4	180	Italy
	30	8.9	126	Italy
Columella de arb 17.3	60	17.8	30	Spain? Italy?
Columella RR 5.9.7	60 × 40	17.8 × 11.8	47	Spain? Italy?
Pliny NH 17.93–94	25	7.4	180	Italy
	25	7.4	180	Italy
	30	8.9	120	Italy
	45	13.3	56	Africa
Palladius deRR 3.18	75	22.2	20	Africa
	15	4.44	500	Italy
	20	5.9	285	Italy
	25	7.4	180	Italy
	45	13.3	56	Italy

Figura 7.13: Densità di alberi per ettaro nelle fonti da Mattingly 1994, p. 93

Il primo elemento è stimato in 90 giorni tra gli ultimi mesi dell'anno e i primi di quello successivo. La raccolta delle olive viene effettuata nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio; nell'oleificio le presse lavorano 90 giorni; il che corrisponde all'ipotesi di Mattingly¹¹. Nel caso la raccolta sia scarsa, come può essere per la regola degli anni alterni, il tempo di raccolta si riduce e conseguentemente anche la durata di funzionamento delle presse.

Il secondo, più complesso da stimare e che ha lo scopo di rendere ancora più prudenti le stime è valutato in un 25% di tempo dedicato alla pulizia e manutenzione della pressa e in un altro 25% di tempo perso a causa di avverse condizioni meteorologiche o comunque non dedicato ad attività lavorative.

Il terzo, è stimato in 0.2 o 0.25 kg di olio per per ogni kg di olive. Le statistiche attuali danno una resa che oscilla intorno al 20% mentre in Plinio¹² si può arguire che la resa dovrebbe essere circa del 25%¹³.

Il quarto in 45 o 60 kg di olive per albero. La produttività medie per albero variano anche notevolmente a seconda della fonte della notizia, dell'età della pianta e della zona, da 11 a 2-300 kg¹⁴.

Il quinto in una media di 75 alberi per ettaro (Tabella 7.13) ossia una distanza tra gli alberi di circa 11.5 m. Attualmente in Tunisia la distanza tra gli ulivi è in media di 9.3 metri, che porta a più di 100 il numero di alberi per sito. Il valore più basso riportato da Plinio di 20 alberi per ettaro deve evidentemente riferirsi ad un qualche tipo di coltura promiscua. Si utilizzerà dunque un valore medio tra zone coltivate solo ad oliveti e zone dedicate contemporaneamente ad altri tipi di coltura¹⁵.

Terminati questi passaggi si hanno dunque delle stime del territorio coltivato ad oliveto che ogni sito doveva avere a disposizione. Si tratta di quattro stime differenti a seconda del variare dei punti tre e quattro, di cui due molto simili e dunque unite.

Questo processo è attuato attraverso lo *script* in appendice A.9 che legge i dati dal database, esporta il territorio per ogni sito e una tabella (tab. 7.4) utile per un eventuale controllo manuale dei risultati.

¹¹Mattingly 1993.

¹²Plinio, *nat.*, 15, 4, 14.

¹³Lanfranchi 2004, p. 103.

¹⁴Lanfranchi 2004, pp. 126-9.

¹⁵Anche il valore medio, di 11.5 m, 75 alberi/ha non precluderebbe la possibilità di coltura promiscua.

Sito	Tipologia Elemento	id_elemento	ll_c	lb_c	h_c	vol_c	d_ara	sup	olio/g
DU031, NMT = 4	NEM=NMT						142	15836.77	598.31
	ara	DU031TO006							428.98
	contrappeso	DU031TO004	128	71	71	645.25			388.93
	contrappeso	DU031TO001	104	75	75	585.00			604.48
DU063, NMT = 6	contrappeso	DU031TO003	154	82	72	909.22			
	NEM<NMT								
	ara	DU063TO009					170	22698.01	857.52
	ara	DU063TO011					60	2827.43	106.82
	contrappeso	DU063TO006	101	50	50	252.50			167.87
	contrappeso	DU063TO007	155	74	45	516.15			343.15
	contrappeso	DU063TO008	128	55	55	387.20			257.42
	Non presente, da stimare	DU063DASTIM							377.28
DU282, NMT = 9	Attenzione. NEM>NMT								
	ara	DU282TO016					131	13478.22	509.20
	contrappeso	DU282TO009	113	55	60	372.90			247.92
	contrappeso	DU282TO012	153	76	55	639.54			425.19
	contrappeso	DU282TO002	113	60	56	379.68			252.42
	contrappeso	DU282TO008	100	70	75	525.00			349.04
	contrappeso	DU282TO011	151	75	68	770.10			511.99
	contrappeso	DU282TO015	100	61	61	372.10			247.39
	contrappeso	DU282TO013	115	60	60	414.00			275.24
	contrappeso	DU282TO010	124	67	67	556.64			370.07
	contrappeso	DU282TO014	91	56	35	178.36			118.58

Tabella 7.4: Esempio di tabella produttività per elemento e sito (NMT=Numero Minimo Torchi, NEM=Numero elementi misurati)

7.4 Definire i territori

Come detto alla fine del capitolo precedente lo scopo principale della definizione dei territori pertinenti ad ogni sito è quella di poter completare i test riguardanti il modello MCE. Le informazioni di cui ci si trova ora in possesso riguardo alla superficie del terreno necessario a fornire un numero sufficiente di olive per sfruttare appieno le potenzialità produttive delle presse, permettono dei test più accurati di quelli effettuati nella sezione 6.4 e dunque stabilire con maggiore affidabilità se esista una connessione tra la disposizione degli oleifici ed il modello di *suitability* per la coltivazione dell'olivo. Laddove questa relazione, che sembrerebbe esistere secondo i test effettuati sinora, venisse confermata essa potrebbe essere interpretata in tre modi:

1. Partendo dal presupposto che il modello di MCE sia corretto, la relazione potrebbe indicare che gli oleifici si disponevano nel territorio considerando il territorio più favorevole.
2. Partendo dal presupposto, per la verità molto ragionevole, che i siti si dispongano considerando anche il loro futuro bacino di approvvigionamento, indicherebbe la validità del modello MCE.
3. Nel caso i presupposti dei due casi precedenti fossero in realtà falsi, si dovrebbe interpretare la relazione come semplicemente legata al caso.

Disposizione degli uliveti Si ritiene necessario ricordare come il primo assunto di questa ricostruzione sia quello che gli uliveti fossero impiantati nei terreni più prossimi alla fattoria, comportamento che è riscontrato tutt'oggi e che era comune agli inizi del 900 quando gli uliveti si disponevano nelle immediate vicinanze delle città, assieme ai giardini, mentre i campi coltivati a cereali erano più distanti in quanto per l'irrigazione si contava soprattutto sulle piogge¹⁶, al contrario degli uliveti che erano quasi sempre irrigati¹⁷.

7.4.1 Il procedimento

Il risultato che si vuole ottenere, necessario per le analisi, è quello di costruire dei poligoni di estensione data che comprendano i terreni più vicini alle fattorie. Anche in questo caso, come nella sezione 6.4 la definizione di *più vicino* può essere soggetta a differenti interpretazioni, se ne erano individuate quattro, a seconda se si consideri una distanza euclidea oppure una delle possibili distanze di costo (isotropica, anisotropica ed "anisotropica inversa"). Si manterrà qui la soluzione che si era adottata prima, ossia quella di calcolare e analizzare tutte le possibili soluzioni. A questa problematica si aggiunge ora la necessità di impedire che le superfici si sovrappongano causando una riduzione del totale dell'area coltivata. Eventualità che in precedenza era stata evitata semplicemente considerando estensioni relativamente piccole, con sovrapposizioni dunque che potevano essere considerate ininfluenti. Dovendo però ora mantenere corrette le estensioni calcolate a partire dalle stime di produttività, che per alcuni siti possono essere anche di notevole entità, è necessario attuare una strategia radicalmente differente e notevolmente più complessa.

Per quanto riguarda la distanza euclidea il procedimento sarebbe in realtà piuttosto immediato, è sufficiente calcolare i raggi dei cerchi della superficie richiesta da ogni sito, verificare quelli che dovessero sovrapporsi ed andare manualmente ad intervenire su di essi modificandone i confini e mantenendo l'area costante. Benché l'ultima parte che presupponga

¹⁶Bernard 1914, p. 174.

¹⁷Monchicourt 1913, p. 346.

un intervento diretto di modifica dei confini che può essere, a seconda del numero di aree che è necessario modificare, lunga e sicuramente noiosa essa è tuttavia possibile. La situazione è invece molto più complicata nel caso si vogliano utilizzare le superfici di costo. Il primo problema riguarda la generazione stessa di un'area basata su una superficie di costo in quanto non si è trovato in Grass un algoritmo che permettesse questa operazione direttamente¹⁸. Anche se questa fosse stata possibile, sarebbe comunque sorto un problema nella gestione delle aree sovrapposte in quanto in questo caso le aree da ridisegnare non dovrebbero tener conto unicamente della distanza lineare dalla fattoria ma anche della carta *raster* che rappresenta il costo rendendo dunque l'operazione ancora più lunga e complessa, oltre che più suscettibile ad errori.

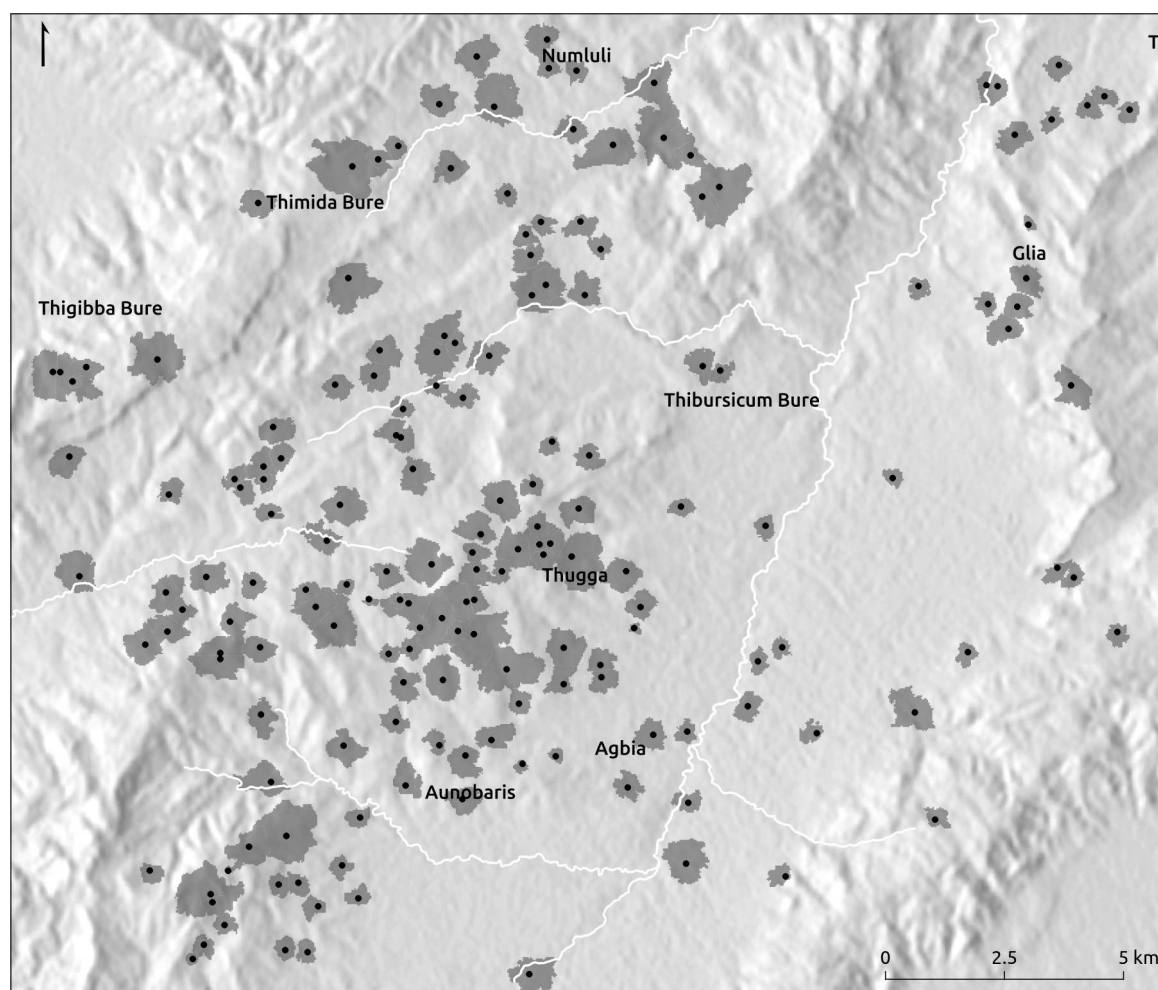


Figura 7.14: Esempio di territori, calcolati con metodo isotropico, dei soli siti considerati nelle analisi (*Thugga Survey*)

Dal momento che non esistono, o quantomeno non sono state trovate, soluzioni già incluse nei *software* G.I.S. utilizzabili per risolvere questo problema ed escludendo l'ipotesi di disegno manuale che oltre ai problemi già citati di lentezza e possibilità di errori, non avrebbe consentito, nel caso ce ne fosse stata necessità, di aggiornare rapidamente i dati, è stato necessario scrivere uno *script*¹⁹ che generasse i territori in maniera almeno semi-automatica.

¹⁸Le funzioni *r.cost* e *r.walk* permettono di specificare solamente un limite, identico per tutti i punti, di costo massimo ma non di area massima.

¹⁹Lo *script*, in linguaggio R, riportato in appendice (A.10).

Vengono calcolati i bacini di approvvigionamento per ogni sito in vari passaggi, evitando le sovrapposizioni facendo uso del comando *v.voronoi* di Grass (poligoni di Thyssen). Andando a calcolare prima i siti il cui poligono è molto più grande dell'area richiesta, poi via via tutti gli altri andando sempre ad eliminare dal calcolo dei poligoni i siti già considerati in modo da avere poligoni sempre più estesi. Si utilizzano dei vincoli, *masks*, per evitare che si utilizzino territori già assegnati ad altri siti. Finito il calcolo per tutti, si interviene manualmente eliminando i territori più piccoli del dovuto e ricominciando il ciclo. Si rimanda all'appendice per una spiegazione più dettagliata del funzionamento.

In figura 7.14 è riportato un esempio dei territori generati dallo *script* per l'ipotesi 4, quella che restituisce la superficie minore.

L'analisi statistica per verificare se i territori così generati sono disposti sui terreni più favorevoli all'olivicoltura è il KST. In questo caso però non si possono utilizzare i confronti con delle serie di punti casuali, attraverso il metodo Monte Carlo, in quanto si dovrebbero rigenerare i territori per ognuno dei test, portando così ad un processo troppo lungo²⁰. Si è dunque optato per effettuare il confronto con tutto il *raster* di idoneità alla coltivazione dell'olivo.

Come si può vedere nelle figure 7.15, 7.16 e 7.17 le *boxplots* così come le curve di percentuale cumulativa differiscono tra loro in maniera impercettibile, mentre sono ben differenti da quelle del *background* del territorio. Il test effettuato anche in questo caso conferma l'ipotesi e si può dunque affermare con una probabilità molto alta (il *p-value* è prossimo a 0) che le due distribuzioni differiscono in maniera significativa e che quindi i siti si dispongono nel territorio influenzati dalla variabile di coltivabilità dell'ulivo.

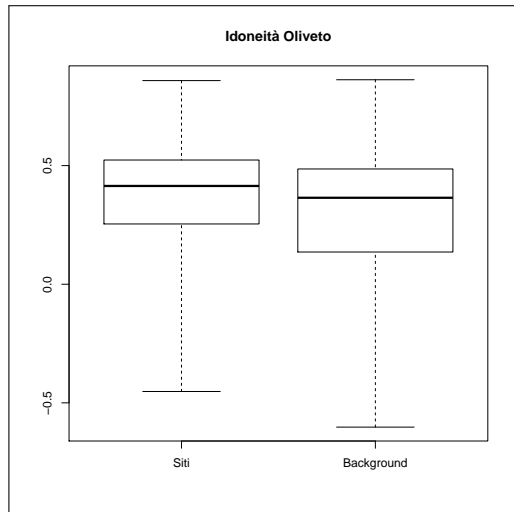
Si è dunque dimostrato che oltre alle variabili considerate precedentemente nella modellazione predittiva, un nuovo parametro risulta essere significativo per la localizzazione dei siti con pressa.

Alcune considerazioni Giunti a questo punto si può considerare che l'obiettivo primario di verificare il rapporto tra i siti e il loro bacino di approvvigionamento sia stato raggiunto. Finora si è volutamente evitato di riportare i risultati del calcolo della produttività in quanto erano di importanza secondaria rispetto all'obiettivo. Ciò che realmente interessava era la definizione dell'estensione dei territori dei siti in modo che fosse proporzionale alla loro capacità produttiva, permettendo così di basare i test su dati più concreti, diversi da sito a sito e dunque più attendibili.

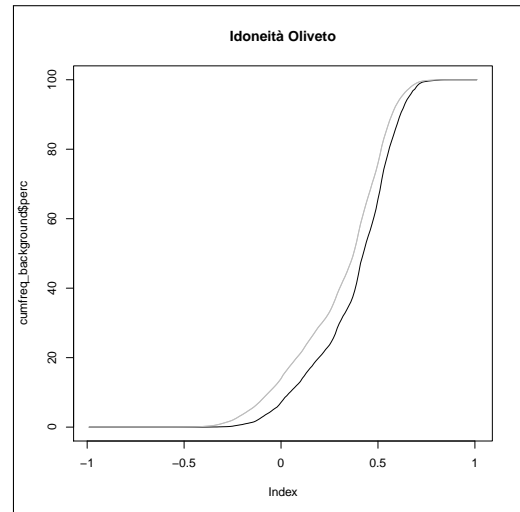
Nelle ultime sezioni di questo capitolo si andranno invece ad effettuare delle considerazioni di carattere più specifico riguardanti l'estensione dei territori (sezioni 7.5 e 7.6). La produttività indica il livello massimo di produzione, che a seconda degli anni può variare anche notevolmente²¹. In questa sede però l'interesse ricade principalmente sull'estensione del territorio e si vedrà come queste, confrontate con i dati attuali in Tunisia, restituiscano valori assolutamente compatibili. Si devono intendere le sezioni successive dunque soprattutto in funzione di una verifica pratica dell'attendibilità delle estensioni dei territori utilizzati per il test KST, oltre che come delle ipotesi di ricostruzione del paesaggio antico.

²⁰La generazione dei territori attraverso lo *script* sopra descritto impiega circa 30 minuti, ripetere il procedimento 100 volte richiederebbe dunque qualche giorno.

²¹de Sena 2005, p. 7 riporta una variazione tra 15 e 37 milioni di litri nel Lazio attuale.

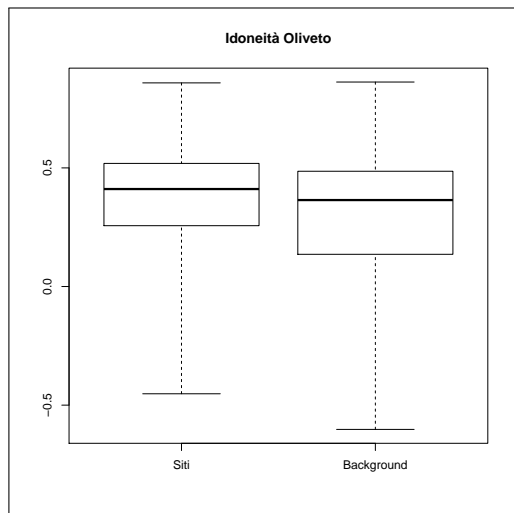


(a) Boxplot

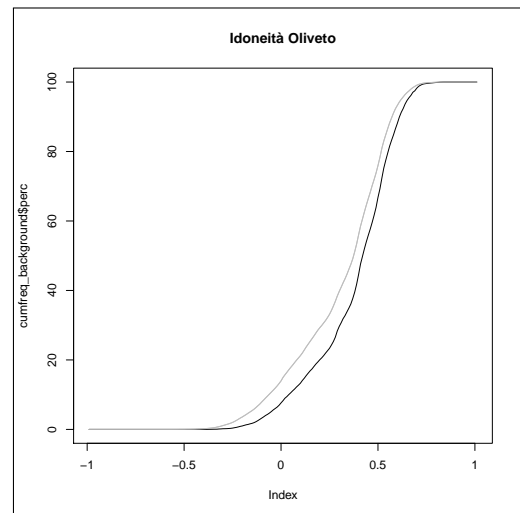


(b) Grafico ogive

Figura 7.15: Isotropico

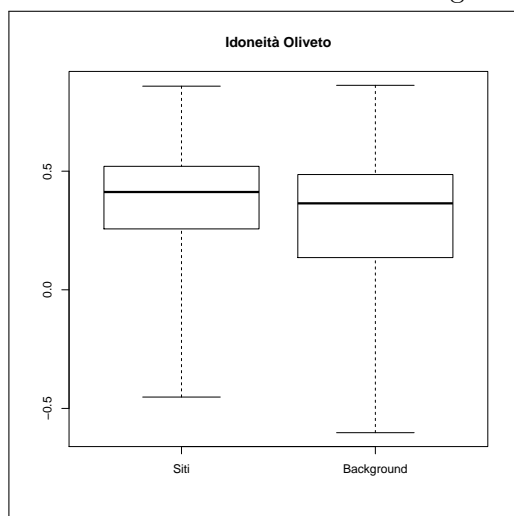


(a) Boxplot

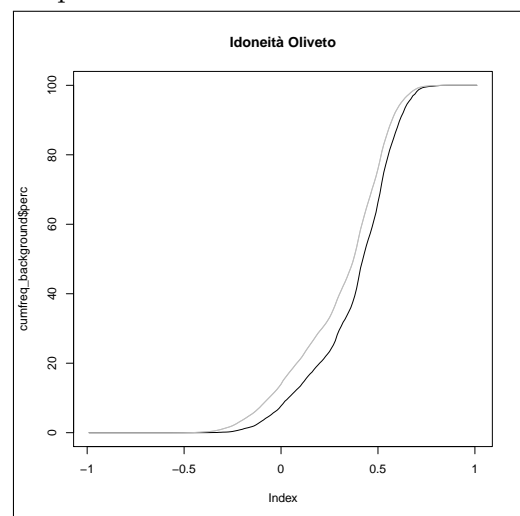


(b) Grafico ogive

Figura 7.16: Anisotropico



(a) Boxplot



(b) Grafico ogive

Figura 7.17: Euclideo

7.4.2 Distribuzione della produzione

Come si è visto nel secondo capitolo, solo una piccola parte dei siti presenta con certezza due o, ancora più raramente, tre presse affiancate, dunque progettate sin dall'inizio. Ciò può essere ritenuto un sostegno alla tesi di una produzione in mano, per la maggior parte, a piccoli proprietari o coloni. Si può ipotizzare però che nei siti dove si trovano queste tracce di un investimento iniziale maggiore, con la costruzione di un *torcularium* con presse multiple, essi possano essere collegati ad una committenza di livello sociale più elevato o almeno sicuramente con maggiori possibilità economiche e una volontà di investire oltre che sulla costruzione in sè anche su terra, piante e lavoro²². Questo ruolo privilegiato dovrebbe quindi ripercuotersi anche sulla scelta del luogo dove costruire che doveva basarsi, come si è visto poc'anzi, anche sulle caratteristiche del territorio di pertinenza. Per verificare questa suggestione si verificherà se i territori di questi siti abbiano caratteristiche migliori rispetto a quelle degli altri.

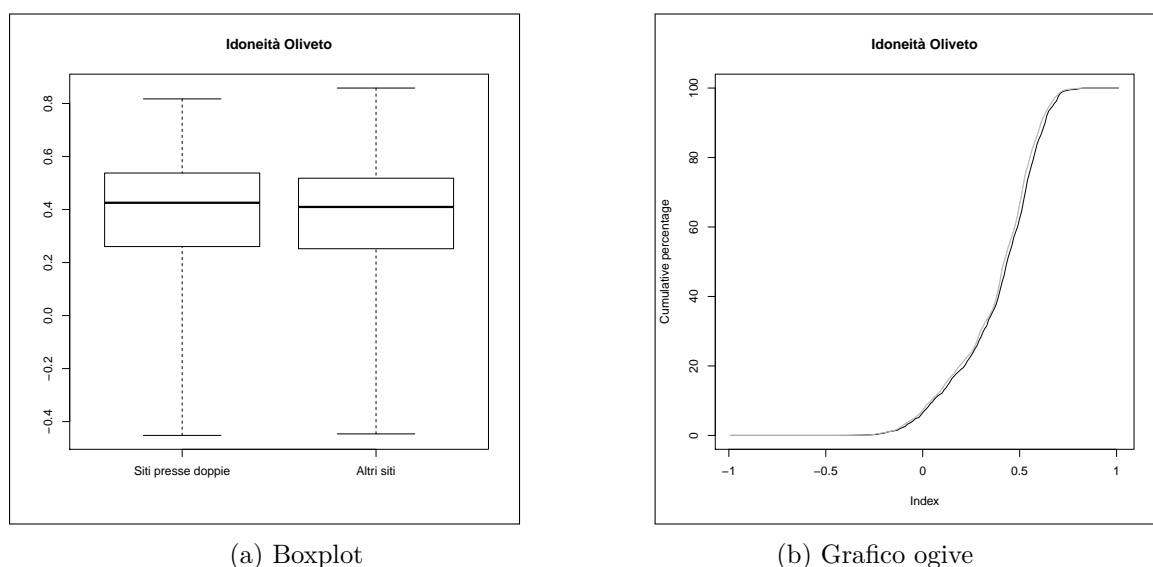


Figura 7.18: Euclideo

Come si può notare in figura 7.18 i due gruppi di siti differiscono in maniera appena percettibile, ciononostante i siti con presse doppie o triple mostrano una tendenza ad avere territori considerati migliori dal modello MCE. Il test di KST conferma questa differenza rilevando che le due distribuzioni sono differenti con altissime probabilità (p -value prossimo allo 0) che questa differenza non sia dovuta al caso. Anche il Mann-Whitney-Wilcoxon Test restituisce lo stesso risultato. Considerando il fatto che in questo caso non sia possibile effettuare un test di Monte Carlo per aumentare ancora l'attendibilità di questa osservazione, si tenderà alla prudenza limitandoci a sostenere che le distribuzioni effettivamente divergono con quella dei siti con presse doppie (o triple) che risulta avere un valore maggiore di idoneità all'olivicoltura. Le differenze restano comunque appena percettibili e benché i test effettuati diano risultati chiari le variazioni reali sono così ridotte che non è possibile affermare che ciò che si osserva possa confermare con certezza l'ipotesi che si voleva testare.

²²Marzano 2013b, p. 108.

7.5 Ipotesi ricostruttiva del paesaggio antico

Nella sezione precedente si è volutamente omesso di considerare tutta una serie di fattori che potevano modificare la disposizione reale dei territori come ad esempio il corso dei *oueds* o il percorso delle strade, oppure i terreni che non erano coltivabili in quanto l'obiettivo era quello di testare o il modello MCE e la posizione dei siti e non quello di tentare di ricostruire il paesaggio antico. Utilizzando lo stesso *script* della sezione precedente in parte modificato, si tenterà invece di prendere in considerazione anche queste variabili.

Come già detto in precedenza, la definizione dei confini dei siti è una questione troppo complessa per poter essere affrontata compiutamente. Il metodo più semplice in questo caso sarebbero i poligoni di Thyssen, che però danno risultati troppo semplicistici. Oltre che a trovare metodi per rendere i poligoni più realistici, il problema maggiore è definire un set di siti contemporanei e equivalenti al quale applicare l'analisi²³. È necessario inoltre tenere presente come per l'applicazione in archeologia i poligoni di Thyssen possono dare risultati errati, creando territori eccessivamente estesi a causa del mancato ritrovamento di siti²⁴. Se l'obiettivo fosse quello di generare degli ipotetici territori di ogni sito i fattori da tenere in considerazione sarebbero molto più numerosi e si potrebbe generare un *XTENT model*, assegnando dei pesi diversi ai siti in base alla loro importanza, o in questo caso, alla loro capacità produttiva.

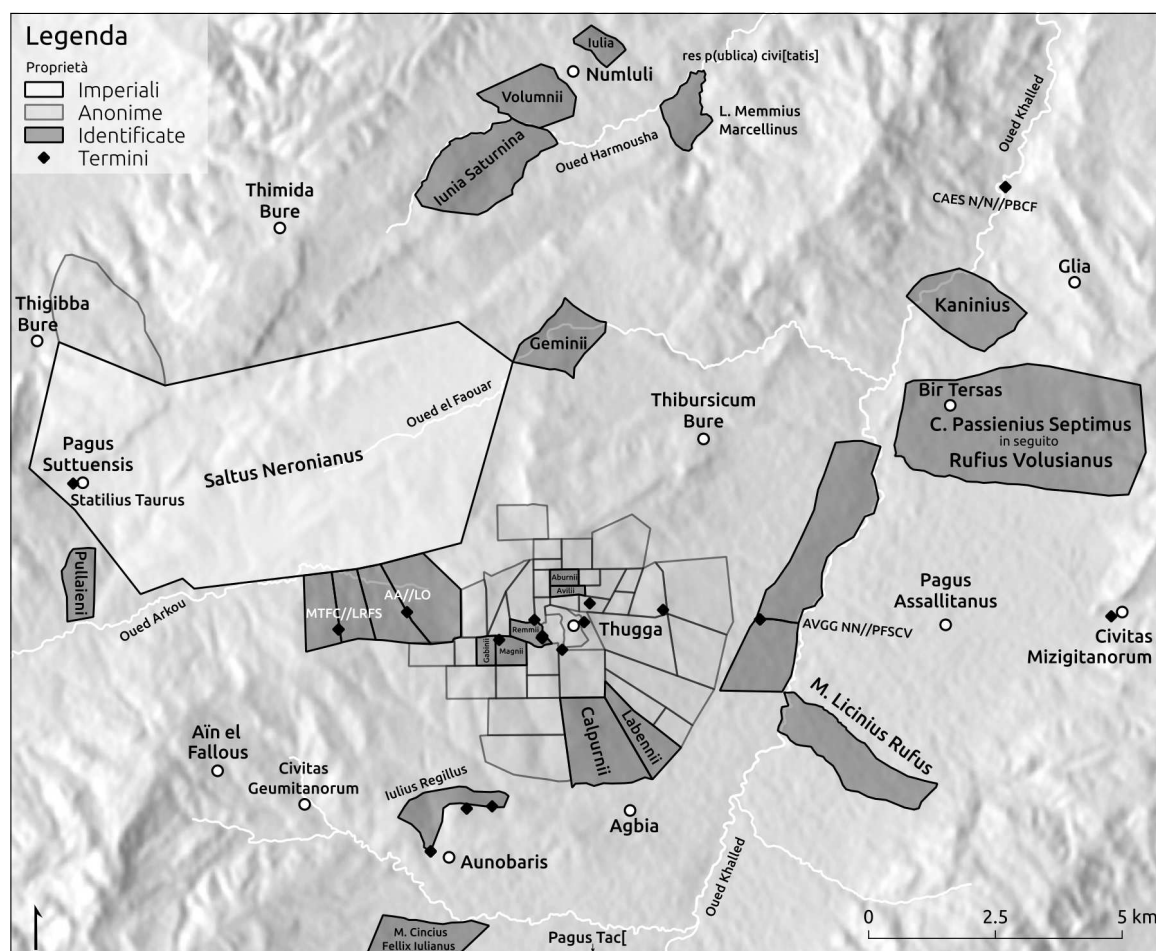


Figura 7.19: Carta delle proprietà, (parzialmente aggiornata da de Vos 2013, p. 148, fig. 6.4)

²³Van Leusen 2002, p. 16.9.

²⁴Goodchild 2013, p. 67.

In questo caso però si finirebbe per escludere dal calcolo gli altri siti, quelli senza pressa. Un approccio manuale dunque risulta essere l'unica strada percorribile, che è già stata intrapresa dal LASA e può essere osservata in figura 7.19.

L'obiettivo in questo caso è differente, ed è quello di visualizzare su una carta le possibili estensioni degli oliveti, evidenziando così le zone che erano maggiormente utilizzate per questa attività, permettendo infine un confronto con le modalità di sfruttamento del territorio attuali.

7.5.1 La *friction map*

La distanza di costo in precedenza era calcolata tenendo conto unicamente delle pendenze, ora si aggiungerà una *friction map* ossia una carta raster che aggiunge un ulteriore costo allo spostamento. Questa mappa di frizione (fig. 7.20a) è stata creata con una versione modificata del modello MCE, in modo che i territori dei siti tendano a preferire i terreni considerati migliori per la coltivazione dell'olivo. A questa sono stati aggiunti, assegnando loro un alto valore di attraversamento, i *oueds*. In questo modo, quando possibile, i territori dei siti tenderanno a non oltrepassare questi corsi d'acqua. Il territorio tunisino, come già ricordato, è percorso da una numero molto alto di questi corsi d'acqua stagionali che in molti casi sono poco più di una piccolo solco sulla superficie. A partire dalla sola carta geografica, capire quali di questi siano particolarmente importanti e quali invece sono facilmente attraversabili è piuttosto complicato, per questo si è deciso di utilizzare Grass per definire i più rilevanti²⁵, utilizzando poi nel modello solo quelli così individuati. Questa scelta è stata presa anche alla luce della considerazione che la maggior parte delle zone più densamente percorse da questi siano naturalmente le pendici dei sistemi montuosi che per la maggior parte saranno comunque esclusi dal sistema attraverso la *mask*.

7.5.2 La “*mask*”

Con *mask* si intende, in Grass, una maschera che definisce quali sono le celle del raster che devono essere prese in considerazione per i calcoli e quali invece debbano essere escluse. In questo modo adottando uno specifico *raster* si possono escludere dalle zone considerate coltivabili i seguenti elementi:

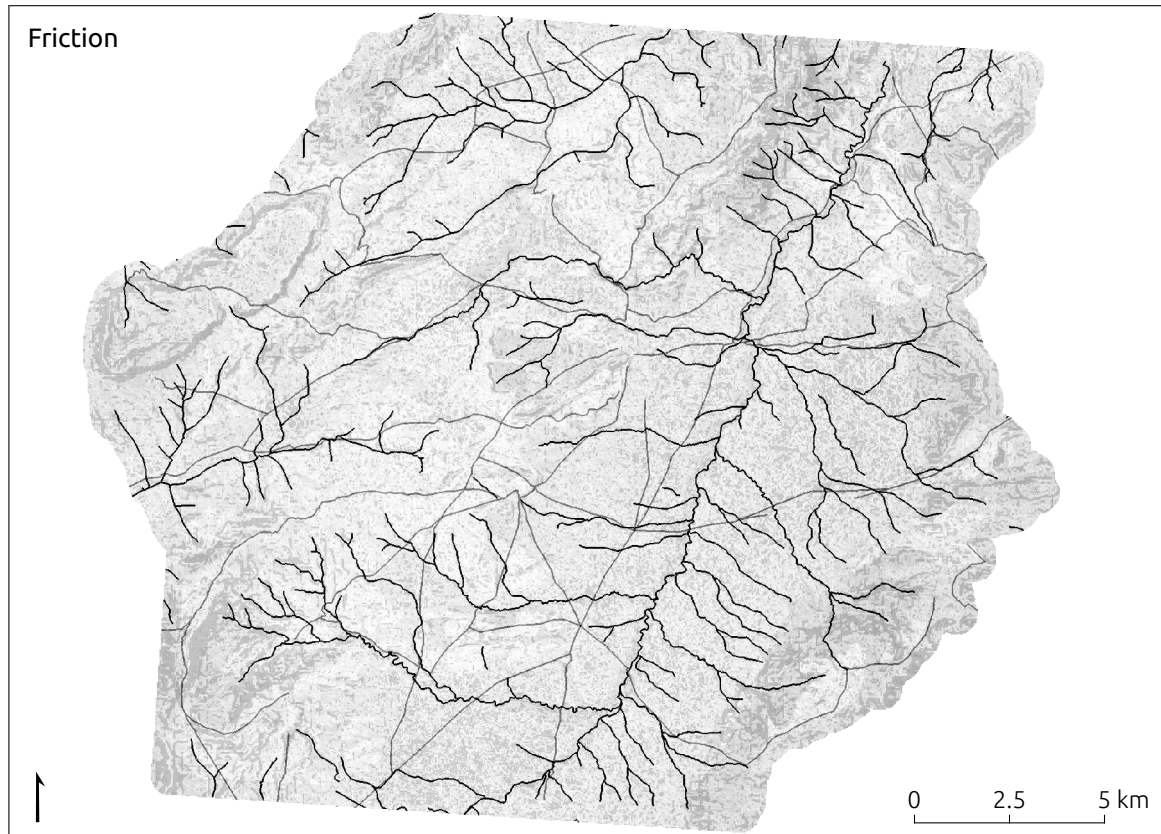
1. Le zone costruite, quindi città e superfici dei siti
2. I letti dei *oueds* e un piccola fascia nei loro dintorni
3. Le zone occupate dalle strade
4. Le zone non coltivabili secondo il modello MCE

Il primo punto considera le effettive superfici dei siti, nel caso sia stato possibile definirle, in caso contrario si impone un valore standard proporzionale al numero di torchi presenti nel sito.

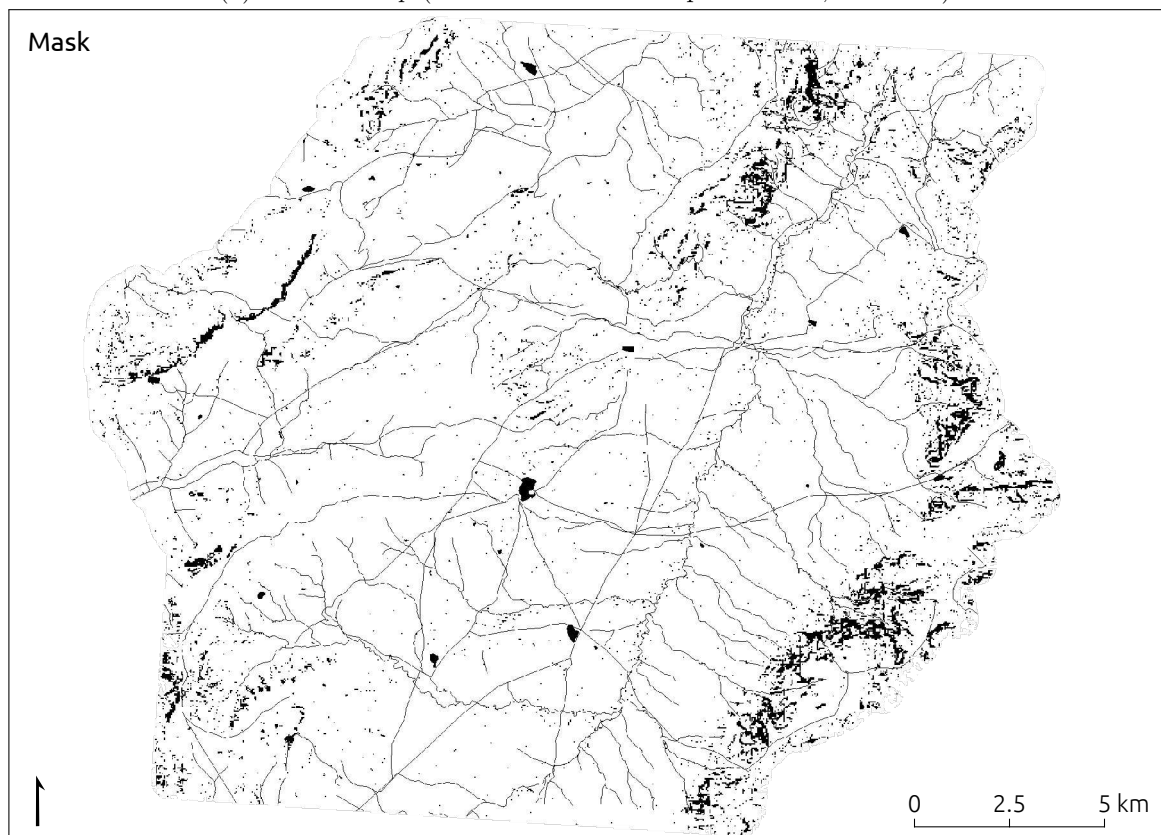
Nell'ultimo punto si è dovuto scegliere arbitrariamente un livello soglia al di sotto del quale i territori vengano considerati completamente non coltivabili. Dal momento che, ad esempio, ciò che in antico poteva venire considerata una pendenza lieve o moderata non necessariamente coincide con la concezione moderna²⁶, per precauzione si è tenuto questo valore molto alto in modo che comprendesse solo zone che sono certamente impossibili da

²⁵Il comando `r.watershed` permette di impostare una soglia di estensione minima del bacino idrografico al di sotto della quale i fiumi non vengono considerati.

²⁶Goodchild 2013, p. 65.



(a) *Friction map* (bianco basso costo di percorrenza, nero alto)



(b) Mappa *mask* per escludere dal calcolo i territori non coltivabili (in nero)

Figura 7.20: *Friction* e *Mask maps*

coltivare come dovevano essere le pareti più scoscese del *Djebel Gorraa* o delle altre zone montuose (fig. 7.20b).

7.5.3 La ruralizzazione dei centri urbani

Un fenomeno ampiamente attestato nelle città nord-africane nel periodo tardo-antico è quello di una trasformazione del tessuto urbano fino a raggiungere un impianto di tipo rurale o semi-rurale²⁷. Una caratteristica di questo processo è la comparsa di strutture destinate alla pressatura all'interno dei centri urbani²⁸, ciò avviene in maniera diffusa in molte città dell'impero, tra cui si ricordano *Sufetula*²⁹, *Uchi Maius*³⁰ e *Thuburba Maius*³¹.

Il confronto più importante, in quanto geograficamente confinante, per il territorio tunisino è naturalmente *Uchi Maius*, qui la costruzione degli oleifici si colloca tra la fine del IV e gli inizi del V secolo³² e in alcuni se ne può collocare la fine già nel VI secolo³³. Benché nelle città del territorio preso in analisi non siano stati condotti scavi sistematici³⁴ che possano confermare questa situazione, i numerosi elementi di pressa riscontrati durante la ricognizione all'interno dei centri urbani, devono essere messi in relazione con questo fenomeno oppure con un processo di spoliazione e di riutilizzo dei materiali come è evidente nel caso delle fortezze bizantine ad esempio di *Thibursicum Bure*, *Uchi Maius* ed *Agbia*³⁵ (fig. 7.21). L'installazione di presse in città è generalmente attribuito ad una fase cronologica che comprende il periodo vandalico fino ad arrivare agli inizi di quello arabo³⁶.

Il fenomeno dello spostamento delle attività produttive dalla campagna alla città è stato spiegato attraverso la formulazione di più ipotesi:

1. In primo luogo naturalmente il diminuire della sicurezza nelle campagne soprattutto in seguito alle ribellioni delle tribù maure a partire dall'epoca vandala³⁷
2. Volontà di un controllo maggiore della produzione da parte delle autorità civili o religiose³⁸, fenomeno che però sembra terminare nel tardo periodo bizantino non continuando con l'arrivo degli arabi³⁹
3. Coltivazione ai limiti della città e produzione per l'autoconsumo, almeno nel periodo bizantino e più tardi islamico⁴⁰

È necessario però considerare un'altra ipotesi ossia che l'installazione di frantoi nelle città non sia conseguente allo spostamento della produzione ma piuttosto ad un aumento della

²⁷Leone 2007, pp. 135-6.

²⁸Conant 2012, pp. 132-3.

²⁹Duval 1964, 1999.

³⁰Vismara 2007d.

³¹Leone riporta anche *Asadi*, *Belalis Maior*, *Mactaris*, *Lepcis Magna* e *Sabratha* (Leone 2005, pp. 262-269).

³²Baldassarri *et al.* 2007, pp. 139-41; Biagini e Gambaro 2007, pp. 204-5; Campus e Luigi 2007, pp. 249-50.

³³In conseguenza della costruzione della cinta muraria Campus e Luigi 2007, 221 e 246 oppure in conseguenza di un incendio Biagini e Gambaro 2007, pp. 204-5.

³⁴Ad eccezione naturalmente di *Thugga* di cui però non sono pubblicate le relazioni di scavo e gli elementi di pressa *in situ* sono solo un paio.

³⁵In questi casi non si può sapere se i materiali provenissero da presse in disuso già presenti in città o dagli insediamenti rurali vicini, anche se come a *Uchi Maius* (Gelichi e Milanese 2001, p. 348) sembra più probabile la prima ipotesi ma non si può comunque essere certi che il reimpiego di questi elementi indichi lo smantellamento del frantoio (Vismara 2007a, p. 512).

³⁶Leone 2005, p. 262.

³⁷Biagini 2002, p. 34.

³⁸Leone 2005, p. 278; Conant 2012, p. 333; Roskams 1996, pp. 45-6.

³⁹Fenwick 2013, pp. 31-2.

⁴⁰Leone 2005, p. 279.



Figura 7.21: Un contrappeso (in basso a destra) riutilizzato nella cinta muraria della fortezza bizantina di Agbia

stessa⁴¹. I dati della ricognizione non sembrano poter escludere questa ipotesi (vedi 3.2.2) ma nemmeno confermarla in quanto come già ricordato la ricognizione non permette di datare con precisione il periodo in cui le presse erano funzionanti ma solo l'occupazione del sito.

A seguito di tali incertezze si ritiene prudente considerare a parte, come del resto è già stato fatto nei precedenti capitoli, gli elementi provenienti da centri urbani o agglomerati nel momento in cui saranno utilizzati, in una fase successiva, a scopo di confronto con la situazione contemporanea.

7.5.4 Carte di coltivazione dell'oliveto

In questa sezione si presentano le carte ottenute, attraverso i passaggi descritti, che rappresentano la probabile estensione degli oliveti nell'antichità. Vengono riportate le due ipotesi estreme di minore e maggiore estensione. Nella prima (fig. 7.22) si ipotizza una resa del 20% e 45 kg di olive per albero, nella seconda (fig. 7.23) una resa del 25% e 65 kg per albero.

Vengono inseriti in questo caso tutti i siti individuati durante il *survey*, anche quelli all'esterno dell'area di interesse utilizzata per tutte le analisi fino a questo momento. In questo modo si potranno effettuare delle comparazioni anche rispetto a queste aree, soprattutto nella zona più ad est, anche se è necessario tenere presente che queste potrebbero essere influenzate dalla minore intensità della ricognizione che lì si è svolta.

Si può notare come nella prima carta le ipotetiche coltivazioni, per quanto estese, sono ben lontane dall'occupare interamente il territorio a disposizione lasciando, soprattutto nella zona nord-ovest oltre che nella pianura di *oued Khalled*, ampie zone libere e coltivabili ad altri scopi. Vi sono tuttavia zone di concentrazione di oleifici molto elevate che lascerebbero ipotizzare quasi una monocoltura per tutta la zona nelle immediate vicinanze di *Thugga*, ma anche nel bacino idrografico di *oued Arkou*. Il suo versante nord-ovest e parte sud-est del *Djebel Gorraa* in particolare sarebbero interamente coltivati da un numero estremamente ridotto di siti, il *Pagus Suttuensis*⁴² e *Aïn Ouassel*. Questi due siti sono quelli che hanno

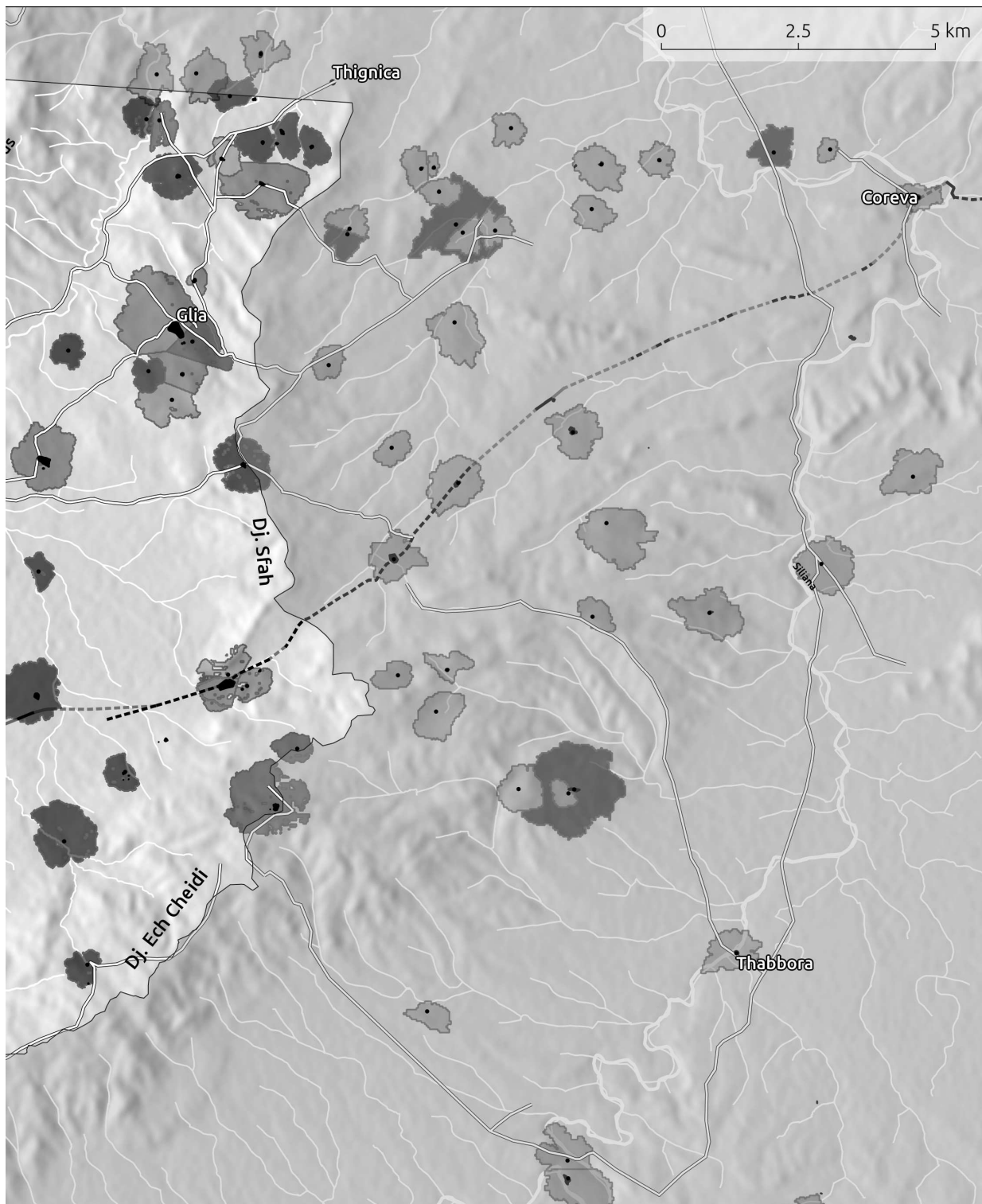
⁴¹Vismara 2007b, p. 483.

⁴²E il sito DU456 può essere considerato come facente parte del *pagus* stesso.



Figura 7.22: Estensioni degli oliveti relativi alla prima ipotesi (estensioni maggiori)

riportato il numero maggiore di presse e ciò sembra conciliarsi bene con la scarsità di altri oleifici nelle loro vicinanze. Sul versante opposto, quello sud, la situazione è opposta con una coltivazione anche qui molto intesa ma facente riferimento a molti siti più piccoli. Anche il versante meridionale di *Djebel Alia* risulta essere coltivato interamente ad oliveto fino all'inizio della pianura mentre l'inizio del bacino idrografico di *Oued Rmel* (versante



meridionale di *Fedj Adoum* e settentrionale di *Dj. Alia*) risulta essere privo di siti, come indicato correttamente sia dal modello predittivo (fig. 5.32) che da quello MCE (fig. 6.6). I modelli spiegano anche l'assenza di siti sul versante orientale di *Kef Dabbouz*, su buona parte di *Djebel ech Cheidi* e di *Dj. Sfah*. Più complesse da spiegare sono invece le due zone vuote ad ovest di *Thibursicum Bure* (questa potrebbe essere messa in relazione con la vicinanza della città attuale di *Téborsouk*) e ad est di *Thimida Bure* che risulterebbero favorevoli sia all'insediamento (modello predittivo) che alla coltivazione (MCE). La pianura di *oued Khalled*

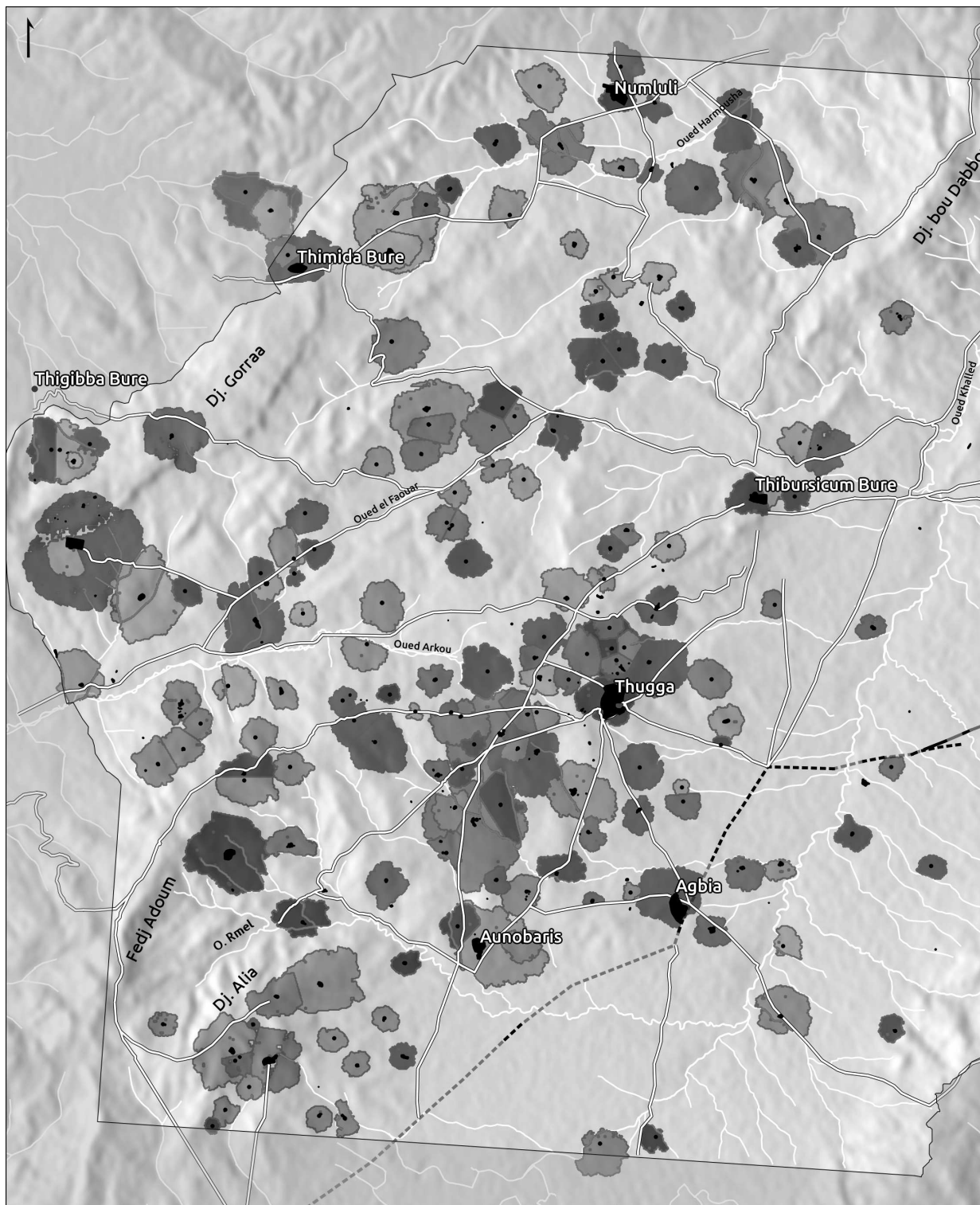
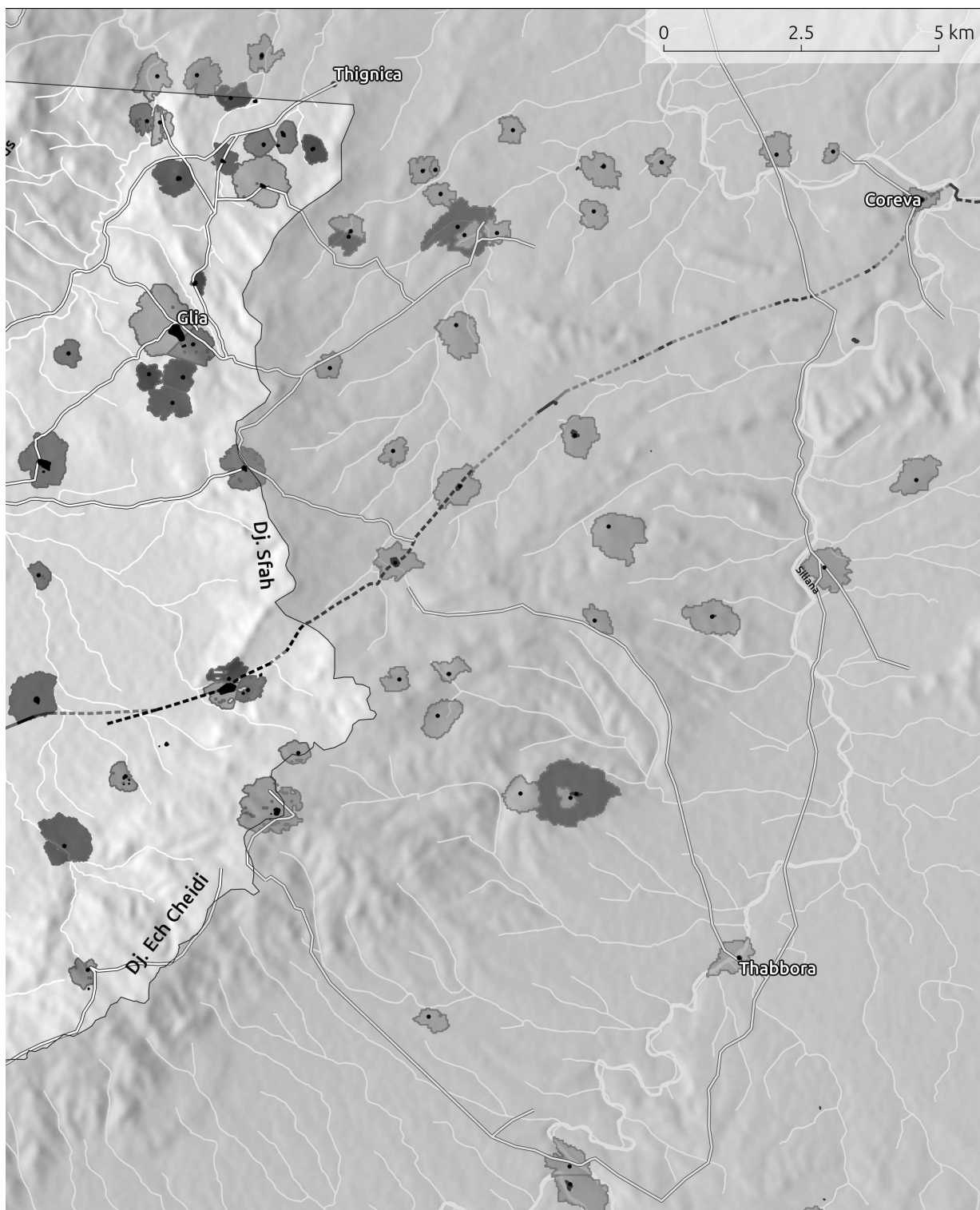


Figura 7.23: Estensioni degli oliveti relativi alla quarta ipotesi (estensioni minori)

invece, coltivata ad oliveto a “macchia di leopardo”, può essere ritenuta ragionevolmente come destinata per la maggior parte alla coltivazione dei cereali.

Se la prima carta può essere stata utile per chiarire e cercare di comprendere meglio quali siano le zone maggiormente sfruttate dal punto di vista agricolo tuttavia sembra essere sovrastimata per indicare una monocoltura di ulivi e rappresenterebbe meglio le



estensioni di una coltura promiscua, la seconda (fig. 7.23) è senz'altro una rappresentazione più prudente delle possibili estensioni degli oliveti anche se il quadro generale resta, in linea generale, sostanzialmente invariato.

Un confronto invece con la situazione ad est dei confini della zona d'interesse, rende subito evidente una notevole differenza nella densità del ritrovamento di siti. Se sicuramente questo deve essere almeno in parte messo in relazione direttamente con l'intensità della ricerca, si può comunque sottolineare che la zona a sud-ovest di *Coreva*, lungo la strada

Cartagine *Theveste* risulti essere completamente priva di oleifici anche se nella stessa zona sono stati documentati numerosi siti. La zona più a sud, pianeggiante ed oggi intensamente coltivata a grano, è più difficilmente interpretabile.

7.6 Analisi e confronto con la situazione attuale

Benché si tratti di confini ed estensioni teoriche è evidente vi sia stata una forte trasformazione del paesaggio agricolo dall'età tardo-romana a quella contemporanea.

L'area attualmente coltivata ad oliveti, nell'area indagata, risulta essere di 3400 ettari. Una superficie di molto inferiore a quella calcolata per l'antichità (tab. 7.5).

	Prod. olio	Est. ip1	Est. ip2	Est. ip3	Est. ip4	Est. ip5
Tutti i siti	8392	12432	9945	9324	7459	5085
No città	7880	11674	9339	8755	7004	4775
No città e aggl.	6400	9482	7585	7111	5689	3878

Tabella 7.5: La produzione annuale di olio (in tonnellate) e le estensioni ipotizzate degli oliveti (in ettari)

Per un confronto corretto tra le estensioni dei territori è necessario però conoscere la densità attuale di piante per ettaro. Gli ulivi oggi vengono piantati mediamente ad una distanza di 9.4 metri circa⁴³ (fig. 7.20).

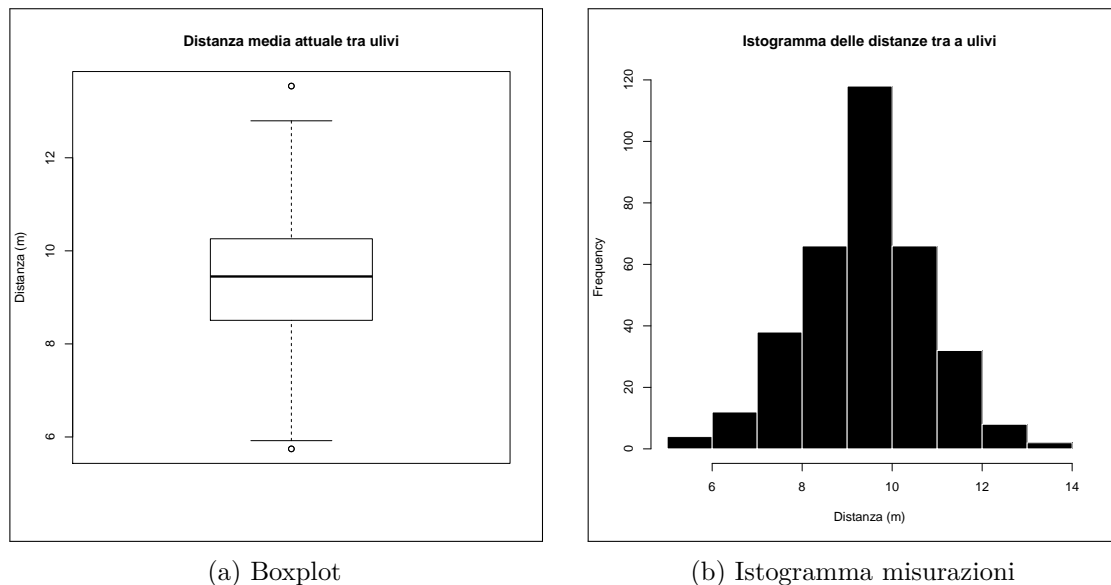


Figura 7.24: Distanze tra gli ulivi attuali

Questa distanza porta dunque la media di alberi attuali a poco più di 100 per ettaro. Vi è dunque la necessità di ricalcolare le estensioni in base a questa densità (tabella 7.5, ipotesi 5, 110 alberi per ettaro). Il dato resta comunque ancora nettamente più elevato, anche nel caso in cui vengano escluse le città. Benché sostanzialmente maggiore il risultato non sembra affatto essere sovradimensionato considerando l'alto numero di presse ed il fatto che la coltivazione dell'olivo in Tunisia sia tutt'ora in una fase di forte crescita (cfr. sez. 6.1), sia a livello locale che a livello nazionale (fig. 7.26), l'olio d'oliva rappresenta infatti il 50%

⁴³Dato ottenuto attraverso 300 misurazioni in base a foto satellitare.

delle esportazioni agricole della Tunisia. In particolare nella zona indagata, basandosi sulla cartografia, si è constatato un aumento di superficie di circa 900 ettari negli ultimi trent'anni e di 2000 nell'ultimo secolo⁴⁴ (figura 7.25).

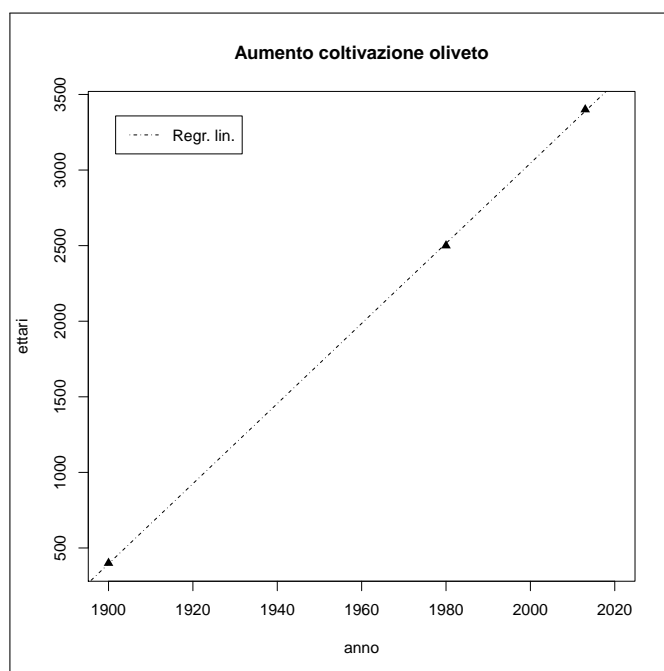


Figura 7.25: Ettari di uliveto nella zona indagata (*Thugga Survey*)

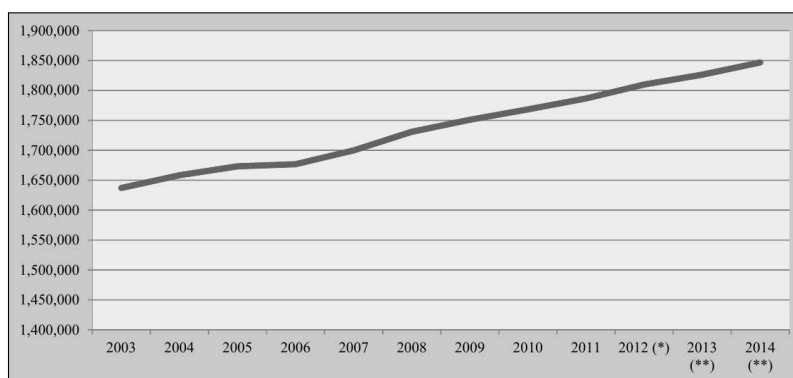


Figura 7.26: Ettari di uliveto in Tunisia (<http://www.internationaloliveoil.org>)

Oltre alla loro estensione, la stessa disposizione degli oliveti risulta essere molto differente, come si era già intravisto in una sezione precedente (6.1). In base ai nuovi dati si può comprendere meglio l'entità di questa differenziazione. Risulta infatti, per l'ipotesi 4, ma i valori sono piuttosto simili anche per le altre, che solo meno del 7% dei territori ipotizzati occupa una superficie attualmente coltivata ad oliveto, l'80% occupa superfici utilizzate in maniera differente, soprattutto coltivate a cereali, o in una piccola percentuale occupate da costruzioni e il 13% occupa terreni attualmente lasciati incolti, oppure occupati da boschi,

⁴⁴In base ai dati disponibili, ricavati dalla cartografia di inizi 900, da quella degli anni 80 e dai dati attuali, la progressione è lineare, mantenendo questa velocità di crescita si raggiungerebbero i 5085 ettari nel 2076 e i 4407 nel 2051.

in buona parte dovuti al forte rimboscamento che è avvenuto negli anni successivi alla fine del periodo coloniale francese.

7.6.1 Distribuzione della produzione

Dalla tabella 7.5 si può comprendere come la produzione nelle città⁴⁵ sia solo una piccola parte della produzione totale, sicuramente dunque non si può ritenere che nel periodo vandalo-bizantino ci sia stato un sostanziale spostamento della produzione dai siti rurali a quelli urbani. Il valore di questa produzione si attesta al 6%, valore che potrebbe aumentare leggermente se si aumentasse il numero di torchi di *Thugga*, in questa città è infatti difficile poter definire quante siano effettivamente le presse. Se ne registra solo una *in situ*, di fronte al tempio di Mercurio, mentre sono molti gli elementi di torchio, soprattutto contrappesi (11), dispersi nella città. In questa analisi sono state ipotizzate 5 presse, ma anche utilizzandone tutte 11 la percentuale salirebbe solo al 7%. Discorso simile, anche se per motivi opposti, a *Thibursicum Bure* dove il numero di presse (2) è probabilmente sottostimato a causa del sovrapporsi della città moderna a quella antica che la oblitera quasi integralmente. Anche ipotizzando una decina di torchi o più il risultato resterebbe comunque al di sotto del 10%.

L'immagine cambia se si aggiunge alle città i valori degli agglomerati, con i quali si raggiunge circa il 25% della produzione totale. Nella maggior parte di questi casi si può però ritenere che la produzione non sia iniziata in una fase tarda ma fosse già presente in fasi più antiche.

7.6.2 Introducendo il fattore cronologico

Se per le analisi finora effettuate il fattore cronologico non è stato preso in considerazione, per analizzare la produttività si può tentare di utilizzare anche questo, sempre nei limiti più volte esplicitati, delle modalità di datazione. Non si può conoscere quante presse funzionassero contemporaneamente ma si può sapere in che percentuale i siti con oleificio fossero occupati durante le varie fasi. Partendo dai dati dei siti che hanno restituito materiali datanti, si può estendere questa proporzione sugli altri siti per cercare di cogliere delle tendenze generali.

Fasi	Oleifici datati (tot. 119)	Perc. %	Presse datate (tot. 260)	Perc. %
Romano 1	79	66.38	195	75.00
Romano 2	91	76.47	217	83.46
Vandalo	86	72.23	204	78.46
Bizantino	102	85.71	230	88.46

Tabella 7.6: Numero di siti e presse nelle 4 fasi cronologiche (le percentuali sono calcolate in base al totale degli oleifici e delle presse datate)

In tabella 7.6 sono riportati le quantità di siti con pressa (escluse le città) che è stato possibile datare⁴⁶ ad ogni fase e la percentuale rispetto al totale degli stessi. Lo stesso è stato fatto per le presse riscontrate in quegli stessi siti. La percentuale delle presse è sempre più alta rispetto a quella dei siti in quanto, come visto precedentemente, i siti più estesi, che tendenzialmente hanno più presse, sono spesso anche quelli con le attestazioni di più fasi cronologiche. L'andamento generale con la crescita tra Romano 1 e 2, la flessione in epoca Vandala e ancora una crescita in fase bizantina, resta invariato. Nella fase bizantina quasi il 90% delle presse risulta trovarsi in un sito occupato.

⁴⁵Sono state considerate "città" le *coloniae* e i *municipia*, quindi *Thugga*, *Thibursicum Bure*, *Agbia*, *Aunobari*, *Numluli* e *Thimida Bure*.

⁴⁶De Vos e Attoui 2013.

Si può utilizzare questo dato per modificare quello della produzione di olio generale inserendo così anche il fattore cronologico nella valutazione della produttività. I risultati sono visibili in tabella 7.7 nella quale sono state utilizzate le percentuali più “conservative” relative ai siti.

	Romano 1	Romano 2	Vandalò	Bizantino
Produzione in tonnellate	5910	6577	6183	6971
Estensioni ipotesi 5	3581	3985	3746	4224

Tabella 7.7: Produzione (escluse le città) nelle 4 fasi cronologiche

Utilizzando queste riduzioni si arriverebbe ad una estensione di territori coltivati ad oliveto molto simile a quella attuale e dunque, probabilmente, una stima per difetto di quella che doveva essere la realtà antica.

Si può concludere dunque che, benché i risultati di questa analisi appaiano a prima vista piuttosto sovradimensionati, il confronto con i dati attuali sembra confermarli, in particolar modo considerando come i bacini idrografici di *oued Arkou*, *Fawar* ed *Harmousha* ed in parte *Djebel Alia* stiano iniziando ad essere coltivati ad oliveto solo in tempi recenti e solo parzialmente, al contrario di ciò che doveva avvenire in antichità.

Confrontando i valori stimati di territorio con quelli attuali, utilizzando la stessa densità di oliveti per ettaro, i risultati non sono molto difforni. Al contrario nell'ipotesi che restituisce le dimensioni maggiori si ottengono risultati probabilmente eccessivi, ma in questo caso, con densità così basse è evidente che non si stia più parlando di una monocoltura ma si dovrebbe parlare di coltura mista, frequente in antichità e ancora praticata al giorno d'oggi in questi stessi territori.

Parte III

Gestione e comunicazione dei dati

8

GESTIONE DEI DATI

8.0.1 La strutturazione del dato

I dati utilizzati nei precedenti capitoli sono stati raccolti durante le campagne di ricognizione svolte a partire dal 1994 e fino al 2014 in Tunisia e 2001-2011 in Algeria. È evidente che in un così ampio lasso di tempo le motivazioni della ricerca e le persone coinvolte in essa, ma soprattutto le tecnologie informatiche di documentazione e georeferenziazione disponibili, sono mutate notevolmente.

Il lavoro di tesi e la contestuale pubblicazione della ricognizione in Tunisia hanno imposto un'importante fase di controllo e di aggiornamento dei dati raccolti sul campo in ormai vent'anni di ricerche. Per rendere questo processo più rapido, sfruttando sistemi di gestione dati più avanzati, è stata portata avanti contemporaneamente una conversione di formato per renderli utilizzabili con questi strumenti.

Il lavoro di riorganizzazione e, sotto molti punti di vista, di aggiornamento alle ultime tecnologie informatiche disponibili, oltre che fondamentale per quanto riguarda la possibilità di procedere con la fase di analisi, è confluito in un progetto parallelo di pubblicazione *online* dei dati raccolti nei vent'anni di ricognizioni, questo si inserisce in una tematica molto sentita negli ultimi anni riguardante la condivisione del dato archeologico. Tale progetto si trova attualmente in uno stato piuttosto avanzato, è già in gran parte funzionale anche se per il momento utilizzato solo come strumento di lavoro e non reso pubblicamente disponibile e sarà trattato in maniera più approfondita nel capitolo successivo.

8.1 Controllo e standardizzazione dei dati

Il lavoro ha avuto inizio con l'omogeneizzazione, il controllo e, quando necessario, georeferenziazione dei dati raccolti nelle missioni precedenti, questi passaggi sono riassumibili in questi cinque punti:

1. Controllo e correzione di eventuali errori nei rilievi
2. Controllo e correzione della georeferenziazione
3. Conversione dei diversi sistemi di proiezione utilizzati
4. Controllo della schedatura dei reperti

5. Controllo documentazione grafica e fotografica

Il processo di standardizzazione dei dati ha riguardato principalmente le informazioni di tipo spaziale. La struttura delle tabelle del *database*, creata da persone differenti a seconda della tipologia di dato, sono necessariamente rimaste in gran parte invariate ma a tutte è stato aggiunto il campo relativo alla geometria.

Lavorando contemporaneamente sui due progetti di ricerca si è ritenuto importante utilizzare un unico sistema di proiezione¹. Per fare ciò è stato necessario convertire i dati raccolti in Tunisia con proiezione Lambert, *Carthage / Nord Tunisie*², valida dunque solo per la Tunisia settentrionale, nel sistema di proiezione *WGS84 / UTM ZONE 32N*³, che già era utilizzato dai dati raccolti in Algeria e che è valido per entrambi i territori.

8.1.1 Il sistema di gestione dei dati

Il precedente sistema di gestione dei dati, sviluppato nel corso degli anni, era basato sul programma proprietario *database Access* di *Microsoft*, questo sistema presenta però un significativo numero di svantaggi e non poteva dare risposta ad alcune esigenze. In particolar modo il sistema è basato su singolo file accessibile e dunque modificabile unicamente da una persona alla volta, non adattandosi bene quindi ad un lavoro in *team*. Si presentava conseguentemente una proliferazione di *files* modificati da persone differenti che dovevano essere di volta in volta unificati manualmente. Inoltre è utilizzabile solo su piattaforma *Windows* e non può gestire l'informazione geografica.

Si è dunque resa necessaria una migrazione del vecchio *database Access* ad un nuovo sistema, che è stato individuato nella combinazione *PostgreSQL*⁴/*PostGIS*⁵. Il sistema che è stato implementato è dunque sviluppato interamente in ambiente *Open Source*.

Il *server database*, installato su una singola macchina all'interno del laboratorio *LASA* in ascolto sulla porta 5432, è accessibile da tutte le postazioni di lavoro della rete locale e può essere configurato per accettare solo le connessioni provenienti da uno specifico range di indirizzi IP.

Il *database*

La struttura del sistema si basa principalmente sul *database PostgreSQL* con la sua estensione spaziale *PostGIS*. In questo sono stati raccolti tutti i dati vettoriali provenienti dalle ricognizioni con relativa tabella degli attributi alfanumerici. I principali vantaggi di questo sistema sono:

- La capacità di gestire in un solo luogo dati geografici e dati alfanumerici
- il controllo centralizzato dei dati
- eliminazione delle ridondanze: si evitano inutili duplicazioni di informazioni con la conseguente garanzia di disporre sempre dati nella loro versione aggiornata ufficiale;
- possibilità di accedere agli stessi dati da parte di più utenti contemporaneamente

¹Questo non è indispensabile e sarebbe stato teoricamente possibile convertire *on the fly* i dati durante le analisi ma ciò avrebbe in definitiva richiesto più tempo ed anche portato ad un maggior rischio di errori. Avere a disposizione tutta la cartografia, raster e vettoriale, con un unico sistema di proiezione elimina questi problemi.

²EPSG:22391.

³EPSG:32632.

⁴<http://www.postgresql.org/about/>

⁵<http://postgis.net/>

- possibilità di assegnare permessi per ogni utente per evitare errori in modo che determinati utenti possano modificare solo alcune tabelle

È inoltre da sottolineare che questo sistema dà la possibilità di accedere facilmente ai dati attraverso numerose tipologie di interfaccia tra cui anche lo stesso *Access* in questo modo non si è dovuto modificare drasticamente il *workflow* obbligando gli altri utenti del *database* ad apprendere l'utilizzo di un nuovo *software*.

PostGIS

L'estensione *PostGIS* permette invece di mantenere all'interno dello stesso *database* l'informazione geografica e quella alfanumerica. Ci sono numerosi programmi che possono utilizzare i dati spaziali raccolti all'interno del *database PostgreSQL/PostGIS*, direttamente da *software GIS* come *QGIS*, *Grass* e anche CAD/GIS come *Autodesk Map 3d*. Anche in questo caso è possibile dunque mantenere il vecchio *workflow* quasi inalterato.

Gestisce diversi tipi di dati vettoriali (*POINT*, *LINE*, *POLYGON*, *MULTIPOINT*, *MULTILINE*, *MULTIPOLYGON*) e *raster*. Si ha quindi la possibilità di mantenere all'interno del *database* anche le piante dei siti rilevati. Anche in questo caso questi possono essere utilizzati contemporaneamente dai diversi PC della rete locale.

L'aumento di efficienza legato a questo sistema è dovuta oltre alla centralizzazione e dunque ad una gestione più razionale dell'informazione, anche alla possibilità di accedere più velocemente solo ai dati richiesti senza necessariamente aprire *files* spesso molto complessi che contengono al loro interno anche dati non richiesti in quel momento.

Conversione dei formati Per la migrazione dei dati dal formato *DWG* al *database* il procedimento è differente a seconda del tipo di dato. Per quanto riguarda i rilievi è sufficiente convertire da file *DXF* a *Shapefile* (di tipo tridimensionale qualora i dati abbiano anche la terza dimensione) mantenendo separati i vari *layers*. Gli *shapefiles* vengono riproiettati nel sistema di riferimento richiesto e sono importati nel *database*, in tabelle differenti, attraverso il comando interno a *PostGIS* `shp2pgsql`. Si avrà così, per i rilievi, una tabella per le linee ed una per i punti. Queste mantengono le informazioni riguardo alla loro tipologia come ad esempio, ortostato, muro, quota etc. Altre tabelle invece accolgono le informazioni ottenute attraverso l'elaborazione dei rilievi come le curve di livello, le campiture o le integrazioni delle murature. In conclusione si hanno ora organizzate in tabelle le informazioni che prima erano suddivise in *layers*.

Per quanto riguarda invece i dati puntuali, il tipo di dato utilizzato per geo-riferire i reperti, è richiesto un ulteriore passaggio per unire l'informazione spaziale che era prima custodita all'interno di un file C.A.D. oppure attraverso l'utilizzo di due campi X e Y all'interno della tabella⁶, con la tabella delle informazioni alfanumeriche già presente nel *database*. Questo consiste in una *query* di unione (*JOIN*) tra le due tabelle in base all'id dell'elemento (*ID_EL*).

Accesso ai dati Come detto, la lettura dei dati in 2 dimensioni può essere effettuata da qualsiasi software GIS. Per la terza dimensione invece la situazione è più complessa in quanto le capacità di leggere i dati tridimensionali nei GIS è stata introdotta solo negli

⁶Questo sistema benché possa sembrare paragonabile a quanto detto riguardo al mantenimento all'interno della stessa tabella di informazioni spaziali e alfanumeriche è in realtà molto poco funzionale. Infatti la non accessibilità diretta attraverso i programmi CAD o GIS porta ad una tendenza di questo tipo di dati a rimanere non aggiornati, in quanto in caso di modifica il processo di aggiornamento del DB deve essere effettuato manualmente. Inoltre in questo modo si possono gestire solo dati di tipo puntuale.

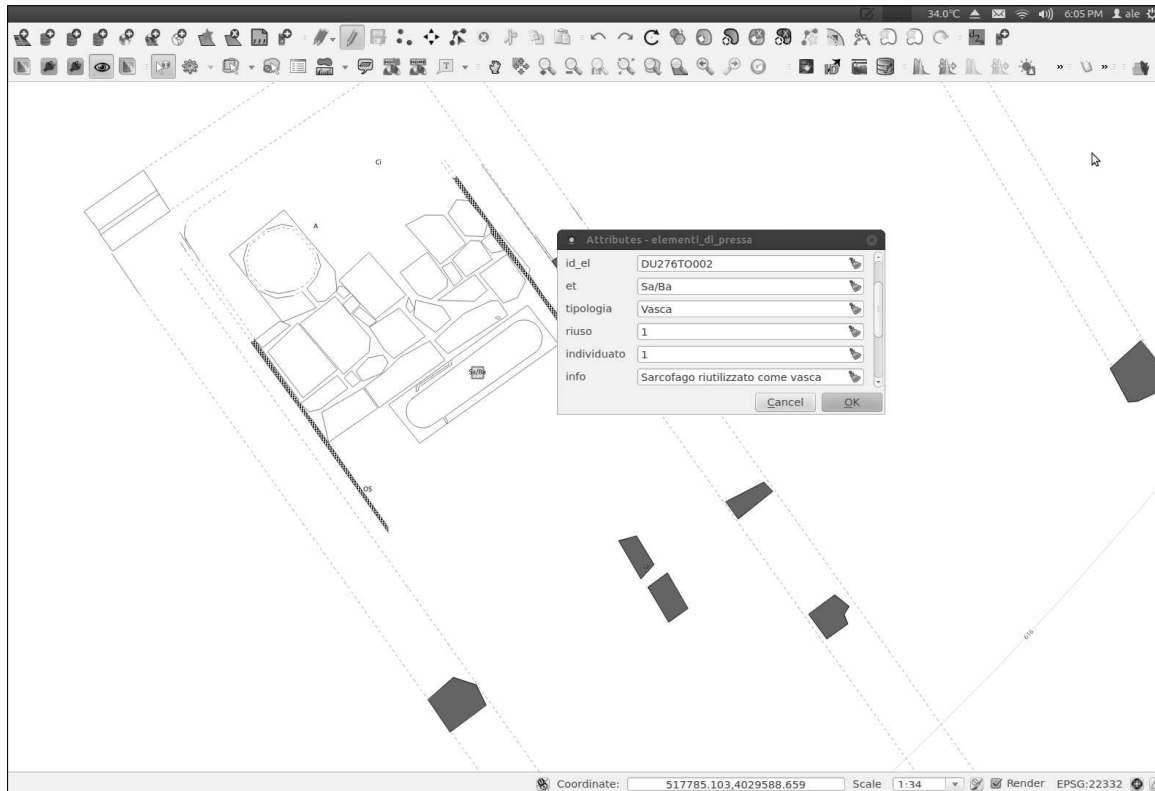


Figura 8.1: Gestione degli elementi di un rilievo all'interno di QGIS

ultimi anni⁷ e riguarda per lo più la visualizzazione, rimangono invece molte limitazioni nelle capacità di analisi⁸. Questa caratteristica non è dunque molto diffusa, soprattutto per quanto riguarda il mondo *open source*. In particolare QGIS, il principale programma utilizzato per la visualizzazione dei dati e la creazione di carte e piante, non è al momento in grado di gestire l'informazione 3d in maniera sufficiente. Per questo motivo, quando è stato necessario, sono stati utilizzati altri *softwares* per ottenere almeno le funzionalità di base di visualizzazione, modifica e misurazione:

1. *Autodesk Map 3d*, che può accedere direttamente al *database*, anche per quanto riguarda la terza dimensione.
2. *Meshlab*
3. *Blender 3d*

Il primo può accedere nativamente, benché con una serie di limitazioni, anche all'informazione tridimensionale e può essere utilizzato in tutti i casi. Per gli ultimi due sono stati scritti dei piccoli *scripts* nel linguaggio di programmazione *Python* per convertire automaticamente i dati dal *database* a formati come il *.ply* (*Polygon File Format*), soprattutto per i dati di tipo puntuale, dal momento che nel *database* non sono presenti dati tipo *mesh*, utile per l'utilizzo con *MeshLab* e utilizzato per la georeferenziazione di nuvole di punti. Oppure in *.obj*, per i dati di tipo linea, che non sono disponibili nel formato *.ply*, soprattutto per l'utilizzo con *Blender 3D* per le ricostruzioni tridimensionali.

⁷Semeraro 2011, p. 140.

⁸Lee 2008, p. 437.

8.1.2 Piante

Una volta ottenuta la conversione integrale dei dati al nuovo sistema è possibile ora gestire all'interno di un unico programma GIS entrambe le tipologie di dati (fig. 8.1). Ciò è stato fondamentale per velocizzare il lavoro di preparazione delle piante dei siti che riportano, con delle sigle, l'identificazione della tipologia dell'elemento rilevato (fig. 8.2) ma anche della cartografia realizzate per questa Tesi e per i primi tre volumi di *Rus Africum*⁹.

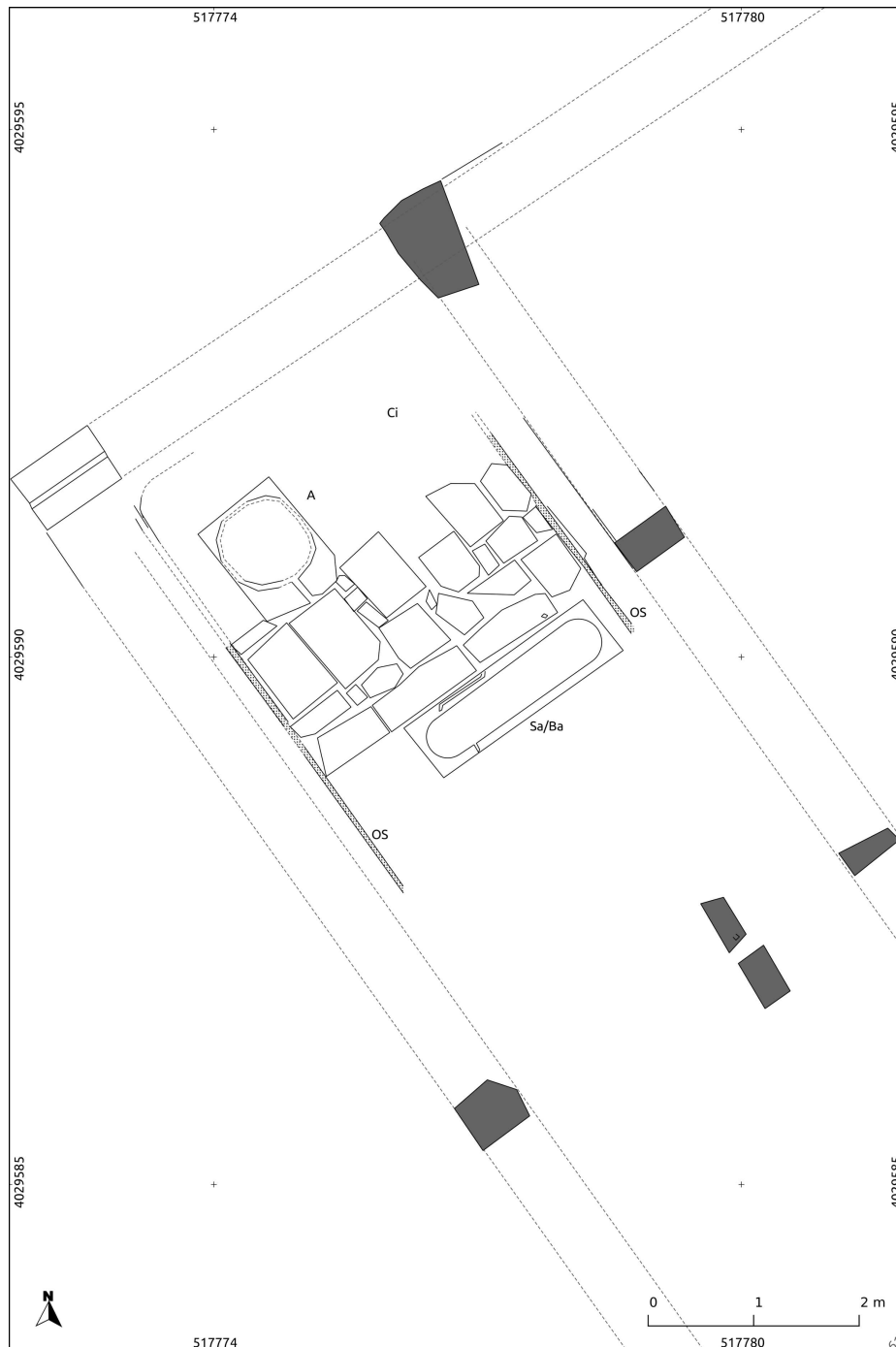


Figura 8.2: Esempio di una pianta (sito DU276)

⁹De Vos e Attoui 2013; de Vos, Attoui e Battisti 2014; de Vos e Attoui 2015b.

8.1.3 Il modello fisico

Il modello del *database* è piuttosto semplice, tutte le informazioni sono state schedate in relazione ad un sito e dunque tutte le tabelle dei reperti archeologici sono collegate in rapporto N:1 alla tabella siti, non vi è stata dunque la necessità di utilizzare relazioni di tipo molti a molti.

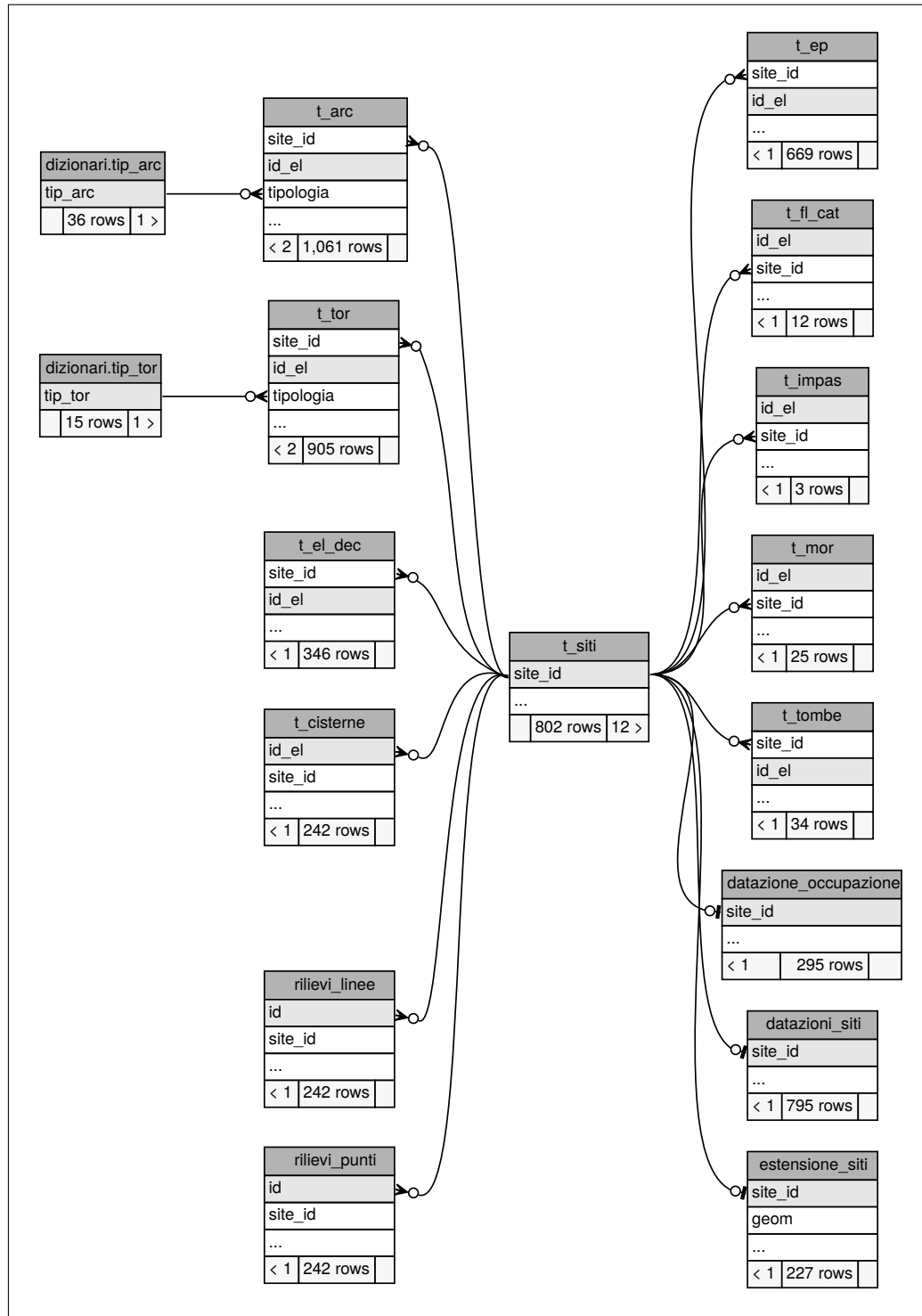


Figura 8.3: Struttura del *database*

8.1.4 Funzionalità di backup

Un'ultima funzione fondamentale per garantire l'integrità dei dati è quella della possibilità di effettuare *backups*. Oltre a quelli totali, che includono tutto il *database* e che possono essere facilmente automatizzati ed eseguiti a scadenze programmate si è introdotta anche un *backup* di tipo selettivo in base agli aggiornamenti effettuati sui *records* del *database*. Questa è stata implementata attraverso *triggers* e funzioni nel linguaggio nativo di PostgreSQL, *plpgsql*, in modo che ogni volta in cui viene eseguita un'operazione sui dati, che sia essa di inserimento, eliminazione o modifica di informazioni alfanumeriche o spaziali, vengano salvate in una tabella identica due copie del *record* modificato¹⁰, una nella versione precedente e una in quella successiva alla modifica. In questo modo è possibile creare, in un certo senso, una "storia" del *database*. Per ogni *record* si possono visualizzare tutte le modifiche effettuate nel corso del tempo con l'aggiunta di informazioni riguardanti il giorno e l'autore dell'intervento. In questo modo è possibile effettuare sia la verifica degli interventi eseguiti sui dati sia un loro eventuale recupero in caso di una modifica effettuata in maniera scorretta o eventualmente nel caso di perdita di informazioni.

¹⁰Nel caso di inserimento od eliminazione naturalmente ne viene inserita una sola.

9

COMUNICAZIONE DEI DATI

Nel precedente capitolo è stata presentata la necessità di riorganizzare la considerevole mole di dati raccolti nel corso delle numerose missioni archeologiche oggetto di questo lavoro. L'approccio GIS è ormai uno standard per la ricerca archeologica ed è quindi stato la scelta obbligata mentre il webGIS è apparso come la sua naturale continuazione. Ma cosa si intende quando si parla di webGIS?

WebGIS La definizione più semplice è quella di sistema GIS utilizzabile tramite internet. Un altro termine simile che può essere utilizzato è quello più ampio di *web mapping* che comprende tutti i metodi e le applicazioni che usano dati spaziali scambiandoli tra due attori che utilizzano dei computer, sia in maniera collaborativa sia in una modalità *client-server*¹.

All'interno di questa macro-definizione vanno ad inserirsi dunque tutti gli applicativi web che possono gestire cartografia numerica, la loro caratteristica di funzionare attraverso internet invece ne definisce la principale finalità, ossia quella di comunicazione e di condivisione dei dati. Risulta quindi essere uno strumento flessibile e utile tanto alla ricerca, quanto alla tutela e alla valorizzazione e quindi alla divulgazione della conoscenza². Da non sottovalutare inoltre l'importanza della centralizzazione dell'informazione³, ossia rendere disponibile in un unico luogo informazioni provenienti da fonti differenti, come ad esempio la cartografia storica, oppure tipi di dati differenti (dati alfanumerici, documentazione grafica, documentazione topografica).

Attraverso il webGIS è possibile osservare nella loro completezza i dati in un'unica pagina, grazie a finestre statiche dedicate che si aggiornano a seconda delle interrogazioni. Navigare tra una tipologia di informazione all'altra è intuitivo e adatto anche ad utenti non specializzati e senza esperienza nell'uso del GIS. Di fatto, si raccoglie l'informazione fotografica, illustrata, scritta e grafica in un unico contesto⁴.

Il webGIS non si limita al *data entry*, ma è utile ai fini della pubblicazione del dato archeologico, alla rappresentazione visiva e all'analisi territoriale. Gli ambiti per cui è più adatto sono i seguenti⁵:

1. Archiviazione e pubblicazione dei dati primari

¹Djindjian 2008, p. 9.

²Di Bartolomeo 2008, p. 5.

³Pouget 2014, p. 217.

⁴Serlorenzi, De Tommasi *et al.* 2013, p. 118.

⁵Serlorenzi, De Tommasi *et al.* 2013, p. 115.

2. Analisi dinamica per arrivare a informazioni secondarie partendo dalle interrogazioni di fonti primarie, ricerca di informazioni potenziali ottenute dall'analisi delle primarie.
3. Tematizzazione cartografica, editing dei dati geospaziali direttamente nel browser
4. Rappresentazione dei dati altimetrici, geofisici, idrogeologici ai fini della cartografia
5. Analisi e verifica di ipotesi di studio
6. Gestione e visualizzazione dinamica di allegati digitali (foto, rilievi, fonti, bibliografia etc.)
7. Gestione delle entità logiche, su scala territoriale e al dettaglio intrasito locale, per visualizzare e interrogare in modo dinamico tutte le informazioni, ampliando le possibilità di ricerca interna del *database*: ricerca tematica, per sito, per tipologia di reperto, per dati altimetrici, per citazione nelle fonti etc.

Il sistema creato durante il lavoro di Tesi, che sarà descritto nel dettaglio in questo capitolo, è stato sviluppato oltre che con la finalità della comunicazione del dato, per quale per ora rappresenta più una proposta che un dispositivo completamente utilizzabile, anche e soprattutto come strumento di lavoro personale utile per ottenere velocemente informazioni su siti e reperti, da qualsiasi luogo e da qualsiasi piattaforma.

9.1 Gli open data in archeologia

L'avvento di internet rende possibile una sempre più veloce e completa diffusione della conoscenza in tutti i settori e quindi anche in quello archeologico.

Anche in ambito italiano sta crescendo la sensibilità riguardo a questo settore e la maggior parte degli archeologi ritengono l'accessibilità al dato originale ('grezzo') importante quanto quella al dato interpretato nelle pubblicazioni scientifiche⁶. Le buone intenzioni si scontrano però con diverse tipologie di problemi (figura 9.1) in primo luogo di carattere teorico come il riconoscimento della paternità intellettuale dei dati⁷ o la possibilità di favorire il danneggiamento del patrimonio archeologico⁸, anche se il primo problema sembra essere quello di "cambiare la mentalità degli archeologi, generalmente restii alla condivisione"⁹. Sono però da considerare anche aspetti di carattere più pratico come la possibilità di definire uno standard che possa essere valido per tutte le tipologie di dati e di conseguenza aumentare realmente le possibilità di riutilizzo degli stessi¹⁰. La base per garantire lo scambio di informazioni via Web è la standardizzazione dell'informazione archeologica¹¹. In attesa del raggiungimento di questo obiettivo, che difficilmente sarà raggiunto a breve termine, il primo passo è almeno quello di unificare le modalità informatiche di trasmissione del dato. Per questo motivo è necessario in primo luogo adattarsi a degli standard per rendere effettiva l'interoperabilità dei dati¹². Per quanto riguarda i dati di tipo spaziale questi sono definiti dall'*Open Geospatial Consortium* (OGC).

⁶Anichini 2013, pp. 128-9.

⁷In questo caso subentrano anche questioni di ambito legislativo, vedi Serlorenzi, Jovine *et al.* 2013, pp. 66-7.

⁸Vatin e Bianchi 2014, p. 197.

⁹Anichini, Ciurcina e Noti 2013, p. 136.

¹⁰Gattiglia 2009, pp. 53-4.

¹¹Scianna e Villa 2011, pp. 351-2.

¹²Gallo e Roberto 2012, p. C1.

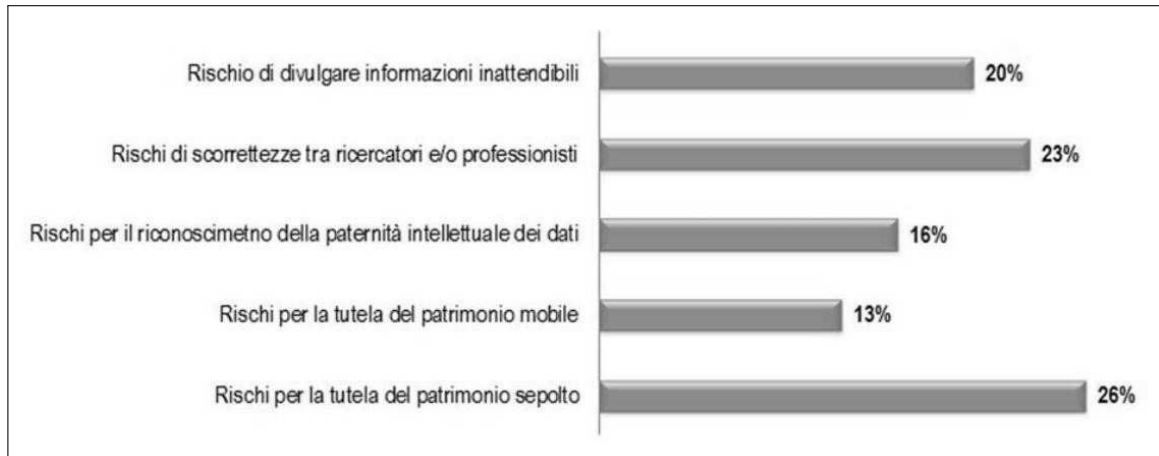


Figura 9.1: I principali rischi degli *open data* secondo un sondaggio (da Anichini 2013, fig. 8.9)

9.1.1 Gli standard OGC

In questa sezione si spiegheranno brevemente gli standard OGC utilizzati in questo progetto, il *Web Map Service* (WMS) e il *Web Feature Service* (WFS), a questi è spesso associato un terzo *standard* che però non verrà qui utilizzato: *Web Coverage Service* (WCS). In sintesi questi due servizi rendono possibile l'interscambio di dati cartografici attraverso la rete internet. Generalmente questi servizi non sono invocati direttamente ma vengono utilizzati in applicazioni *client*, che possono anche non essere *web-based*. In questo lavoro essi sono infatti utilizzati sia dalle interfacce web che si descriveranno più avanti ma possono essere utilizzati anche per ottenere i dati a partire da tutte le classiche applicazioni GIS desktop¹³.

WMS

Il servizio WMS dispone di tre funzioni: *GetCapabilities*, *GetMap*, *GetFeatureInfo* che possono essere attivate dall'utente mediante un URL sotto forma di interrogazioni HTTP. La prima restituisce metadati e gli strati disponibili per la visualizzazione della mappa. La seconda restituisce una mappa dai parametri geografici e dimensionali definiti, fornisce dunque un'immagine raster georeferenziata. Il terzo (opzionale) restituisce informazioni sugli oggetti della cartografia visualizzata. Attraverso questo servizio il *client* può dunque accedere ad una visualizzazione dell'immagine della mappa richiesta, con la possibilità di interrogare le *features* per accedere alle informazioni ad esse associate. Si viene a disporre non dei dati grafici veri e propri ma di una rappresentazione di essi attraverso un'immagine¹⁴.

WFS

Come per il WMS la richiesta viene generata dal *client* e inviata al *server* WFS via HTTP. A differenza del WMS, questo standard permette di trasferire dati vettoriali in forma nativa e non una semplice rappresentazione per mezzo di un'immagine¹⁵. La codifica standard è il *Geography Markup Language* (GML), basata su XML. Un servizio WFS permette la selezione

¹³Mazzei *et al.* 2009, p. 145.

¹⁴Di Bartolomeo 2008, p. 65.

¹⁵Di Bartolomeo 2008, p. 68.

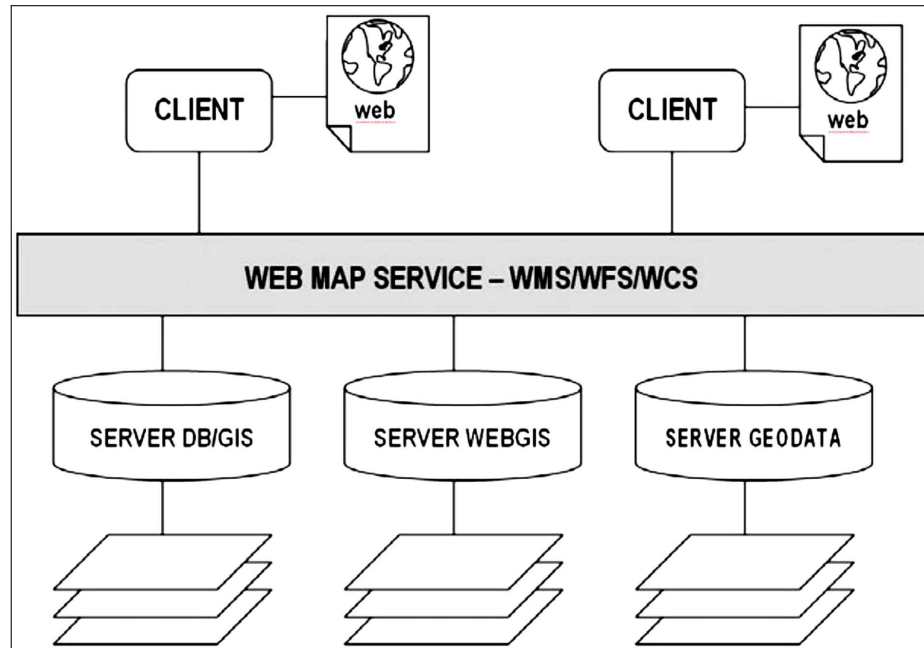


Figura 9.2: Architettura del sistema (da Mazzei *et al.* 2009, fig. 1)

e l'importazione di oggetti o *features*; un servizio WFS transazionale (WFS-T) permette anche la creazione, la cancellazione e la modifica degli oggetti.

9.1.2 La situazione italiana

Negli ultimi anni anche in Italia si è diventati sensibili al tema dell'*Open Data*, ossia libero accesso all'informazione sui dati soprattutto delle pubbliche amministrazioni. Anche in archeologia si è iniziato a sentire il bisogno di far sì che gli utenti potessero accedere liberamente ai dati della ricerca. Il limite a queste buone pratiche, nonostante la tematica sia molto attuale, è l'inadeguatezza del sistema normativo¹⁶, che stenta a trovar accordi sulle modalità e i tempi di diffusione dei dati delle ricerche¹⁷.

Quando si parla di condivisione del dato archeologico è necessario differenziare le modalità con cui questa avviene a seconda del fine e dunque del pubblico a cui ci si rivolge. Se il servizio è rivolto al grande pubblico, con il fine dunque della comunicazione e valorizzazione delle ricerche archeologiche, è necessario mostrare i dati in una maniera differente rispetto a quanto dovrebbe avvenire per un pubblico più specializzato. I dati grezzi sono ad esempio fondamentali per gli "addetti ai lavori" ma di scarso interesse per il grande pubblico al quale è necessario fornire anche la possibilità di ottenere informazioni di più facile lettura.

La valorizzazione

La valorizzazione dei beni culturali è un processo che non può prescindere dalla tutela, che a sua volta è strettamente legata alla ricerca e alla pubblicazione dei dati. La pubblicazione quindi è un passaggio chiave per promuovere lo sviluppo della cultura stessa, grazie al facile accesso all'informazione, ma rimane al momento quello meno sviluppato. Se la tutela del bene, lo scavo d'emergenza, è tempestivo, lo è molto meno la pubblicazione delle informazioni

¹⁶Per una visione più dettagliata del sistema normativo italiano si veda Serlorenzi, Jovine *et al.* 2013.

¹⁷Serlorenzi, Jovine *et al.* 2013, p. 60.

acquisite¹⁸. Questo può essere legato allo scarso interesse dimostrato per l'avanzamento degli scavi di routine, che fanno emergere informazioni di limitato interesse per il grande pubblico, che quindi vengono accantonate per favorire singole ed isolate scoperte di maggior impatto. Molte ricerche circoscritte, o considerate di scarso *appeal* per il pubblico, restano sempre più spesso inedite¹⁹, seguendo la necessità di suscitare stupore e interesse.

Il desiderio di rendere fruibile agli utenti l'avanzare della ricerca e quindi la diffusione, promozione e facilitazione dell'accesso al dato archeologico, altrimenti confinato nei circoli specializzati di utenti, è alla base della divulgazione della cultura. Tuttavia, di contro, aprendo al grande pubblico le informazioni riguardanti le ricerche, si è soggetti alle leggi della comunicazione di massa, dove l'interesse indirizza l'informazione e ne veicola i contenuti.

Non si dovrebbe però cedere alle logiche della grande comunicazione, del grado di coinvolgimento del pubblico, con una selezione a monte delle informazioni condivise dettata esclusivamente dall'effetto *wow*. Bisognerebbe, in ogni caso, imparare e studiare una strategia comunicativa efficace e intuitiva, in modo da far variare non solo l'approccio dell'utente, ma orientarne l'opinione.

Serlorenzi sottolinea come vi sia la necessità di un catasto completo, che raccolga l'intera conoscenza dei dati archeologici, altrimenti frammentari se presi singolarmente, scavo per scavo, ricerca per ricerca. Un catasto aggiornato, consultabile, renderebbe utile la ricerca anche a fini più vicini al cittadino, dalla pianificazione urbanistica, alla consultazione per gli interventi sulle proprietà private, o semplicemente per soddisfare la curiosità su una determina città²⁰.

La condivisione

La condivisione dei dati grezzi (detti *raw*), è invece la chiave di accesso per l'archeologia 2.0, permettendo un aumento esponenziale delle conoscenze e dell'analisi quanti più dati interconnessi verrebbero pubblicati²¹.

Per quanto riguarda la ricerca archeologica il problema maggiore del libero accesso ai dati è dato proprio dalla scarsa diffusione dei dati di ricerca, che spesso restano inediti e archiviati (e molto spesso non digitalizzati) presso l'ente che ha effettuato la ricerca. L'idea di condivisione del sapere è limitato dal problema irrisolto del punto di vista normativo, della tutela dei diritti scientifici e della paternità intellettuale. Si spiega in questo modo la resistenza, soprattutto in ambito archeologico, alla rapida condivisione, a prescindere dalle pubblicazioni, che sarebbe tanto utile soprattutto nei casi di archeologia preventiva o d'emergenza²². Brogiolo già nel 1997 lamentava che il 90% degli scavi di emergenza restavano non pubblicati, le informazioni chiuse negli archivi e non accessibili²³.

Parlando di condivisione e all'opposto di riserva di pubblicazione, Trabucco osserva che la mancata pubblicazione, nell'immediato o poi come spesso accade, duratura, è l'esatta antitesi del concetto di valorizzazione, relegando a pochissimi individui l'accesso a un bene, un sapere che per legge dovrebbe essere ritenuto invece collettivo. Il problema è considerare sia i reperti, che gli studi inerenti, come tesori da custodire, invece che come strumenti del sapere. Questa concezione non è solo una reminiscenza ottocentesca, ma deriva anche dall'errata interpretazione di "proprietà statale dei beni culturali" come "proprietà dominicale privata

¹⁸Trabucco 2009, p. 66.

¹⁹Serlorenzi, Jovine *et al.* 2013, p. 60.

²⁰Serlorenzi, Jovine *et al.* 2013, p. 61.

²¹Gattiglia 2009, p. 62.

²²Serlorenzi, Jovine *et al.* 2013, p. 65.

²³Brogiolo 1997, p. 19.

caratterizzata dallo “*ius excludendi omnes alios*”²⁴, piuttosto che come bene collettivo che contribuisce al progresso culturale della società²⁵.

Durante i *workshop* annuali *Open Source, Free Software e Open Formats* nei processi di ricerca archeologici”, è emerso l’interesse, ormai radicato e centrale per la ricerca, verso le tematiche *OPEN (Open Process, Open Data, Open Software e Open Learning)*, nonostante le difficoltà normative sottolineate da Trabucco. Viene rimarcata l’importanza della condivisione della documentazione, questione ancora calda nel nostro Paese, ma anche la necessità di informare sui metodi e sui processi, con strumenti di supporto come *tutorial* e manuali.

La situazione attuale sembra andare nella giusta direzione, stanno infatti aumentando i laboratori e dipartimenti che utilizzano sistemi di condivisione e diffusione come DeaArch²⁶, ArcheoCommons²⁷ e *Open Digital Archives*²⁸.

Riviste elettroniche

L’*Open Access Publishing* (pubblicazione su riviste elettroniche *Open*), la possibilità di archiviare in archivi digitali *online*, il concordare con l’editore un *preprint* che anticipi la pubblicazione definitiva e che offra un’anteprima di libero accesso, sono esempi di un nuovo modo di intendere la pubblicazione delle ricerche archeologiche. Questa è alternativa all’edizione cartacea tradizionale, soggetta agli obblighi editoriali, che lega a case editrici che diventano egemoni nel settore di studio e che obbligano a vincoli spesso contrari alle logiche di libera diffusione e fruizione della cultura²⁹.

Ci si può fare un’idea delle riviste archeologiche che seguono la logica dell’*Open Access Publishing* e *peer-review* consultando il sito *Directory Open Access Journal*: ci sono 21 riviste, tra cui un’italiana. Non sono molte confrontandole con le 121 di storia, ma all’elenco mancano alcuni esempi di archivi e riviste quali: *Fold&R* che pubblica relazioni di scavo, *Gradus* che tratta di archeologia marina e scienze applicate, *Archeologia e Calcolatori*, la nota rivista di informatica applicata all’archeologia³⁰.

A differenza degli ambiti scientifici, per gli studi umanistici questa strada stenta a prendere piede. Le motivazioni sono sia economiche che proprie delle discipline umanistiche: una ricerca o scoperta in ambito scientifico ha una vita più breve rispetto a quelle in campo umanistico, dove non c’è né lo sviluppo rapido né il veloce aggiornamento delle stesse, che quindi risultano più longeve. Per una pubblicazione umanistica, le possibilità che i contenuti siano ancora validi dopo diversi anni, sono alte, determinando guadagni continuati nel tempo per gli editori e di conseguenza molto meno interesse per l’*Open Access*³¹.

In Italia il problema risiede in larga parte anche nella mentalità dei ricercatori del settore che vedono la pubblicazione cartacea come di maggior prestigio e più affidabile, basti pensare alle pubblicazioni accademiche e al predominio di certe case editrici. D’altra parte c’è anche un certo disinteresse verso i concetti dell’*Open Access* quale il *Copyleft*, l’alternativa al *Copyright*, secondo cui è l’autore stesso a poter decidere le modalità in cui la sua ricerca possa essere utilizzata e condivisa senza mediazione di terzi o senza dover sottostare a regole commerciali³².

²⁴Mazzoleni e Baldo 2008.

²⁵Trabucco 2009, p. 66.

²⁶Milella e Vigliarolo 2009, p. 44.

²⁷Milella e Vigliarolo 2009, p. 47.

²⁸Pescarin 2009, p. 12.

²⁹Milella e Vigliarolo 2009, p. 37.

³⁰Gattiglia 2009, p. 50.

³¹Milella e Vigliarolo 2009, pp. 39-40.

³²Milella e Vigliarolo 2009, p. 41.

9.2 Gli obiettivi del progetto

Nel contesto di questa ricerca, per rendere più efficiente il webGIS, è stato necessario sviluppare un sistema informatico *ad hoc*, basato su *softwares Open Source* quali PostgreSQL, PostGIS, Geoserver e Openlayers. Tale procedura è già stata sperimentata in contesti analoghi, come per SITAR³³ e SIT m-PIC³⁴.

L'obiettivo è quello di una pubblicazione *online* dei dati superando le oggettive limitazioni della pubblicazione cartacea, con lo scopo di:

1. Renderli più facilmente accessibili
2. Renderli più facilmente utilizzabili

Il sistema creato ha come obiettivo la consultazione e la diffusione dei dati raccolti ed elaborati nel corso delle campagne di ricognizione, non si propone per ora di diventare un sistema di raccolta di dati collaborativo come sono altri webGIS come ad esempio, citando due esempi italiani, MAPPA³⁵ o APSAT³⁶.

Così come il GIS anche il webGIS non è un singolo *software* bensì un sistema basato su diverse componenti interconnesse tra loro. La peculiarità del sistema *web* è la struttura *server/clients* mentre all'interno del primo si trovano tutti i dati e gli applicativi, la parte *client* si limita a richiedere i dati al *server* e a visualizzarli. Si andranno qui ad elencare le principali componenti di questo sistema.

9.3 L'architettura del sistema

L'applicazione di *Webmapping* si trova al momento su un VPS (*Virtual Private Server*) con caratteristiche *hardware* limitate ma un costo molto contenuto. Nel caso il progetto dovesse continuare e diventare pubblicamente accessibile naturalmente sarebbe necessario spostare il tutto su una macchina più performante come un *server* dedicato.

La componente *software* è come detto, completamente *Open Source* e prevede *Linux Ubuntu Server* come sistema operativo, *Apache 2* come *web server*.

Il sistema è in un certo senso "ibrido", dal momento che esso è formato da due componenti principali distinte tra loro:

1. Il sito web basato sul linguaggio di programmazione Python.
2. L'applicazione di *Webmapping* sviluppata attraverso *Heron Mapping Client*.

Le due componenti sono però strettamente collegate, si possono infatti richiamare a vicenda in maniera rapida attraverso dei *links*. Sarà infatti possibile accedere alla scheda del sito direttamente dal webGIS così come si potrà essere reindirizzati al webGIS a partire dal sito *web*. Si è scelta la strada dell'ibrido in quanto ritenuta la migliore per conciliare l'obiettivo di ottenere un applicativo provvisto di tutte le funzionalità che si ritenevano utili, con le competenze informatiche e il tempo a disposizione.

La visualizzazione tramite *web* è affidata a diversi programmi. Il cuore della parte *server* è naturalmente il *database PostgreSQL* in questo caso affiancato però da *Geoserver*, che

³³Mattera 2011; Grassucci 2011.

³⁴Serlorenzi, De Tommasi *et al.* 2013, p. 116.

³⁵Anichini e Gattiglia 2012.

³⁶Cavulli e Pedrotti 2013.

si occupa di inviare i dati al *client* tramite i due *standard* descritti in precedenza, il *Web Map Service* (WMS) e il *Web Feature Service* (WFS). La parte *client* è invece affidata a *Heron Mapping Client*³⁷ che semplifica notevolmente la costruzione di un'applicazione di *web mapping* basandosi su diverse librerie *open source Javascript* tra le quali la principale è senz'altro *OpenLayers* che è, nel momento in cui si scrive, una delle più frequentemente utilizzate per applicazioni di questo tipo. Utilizza inoltre *Extjs/GeoExt* per la creazione dell'interfaccia grafica.

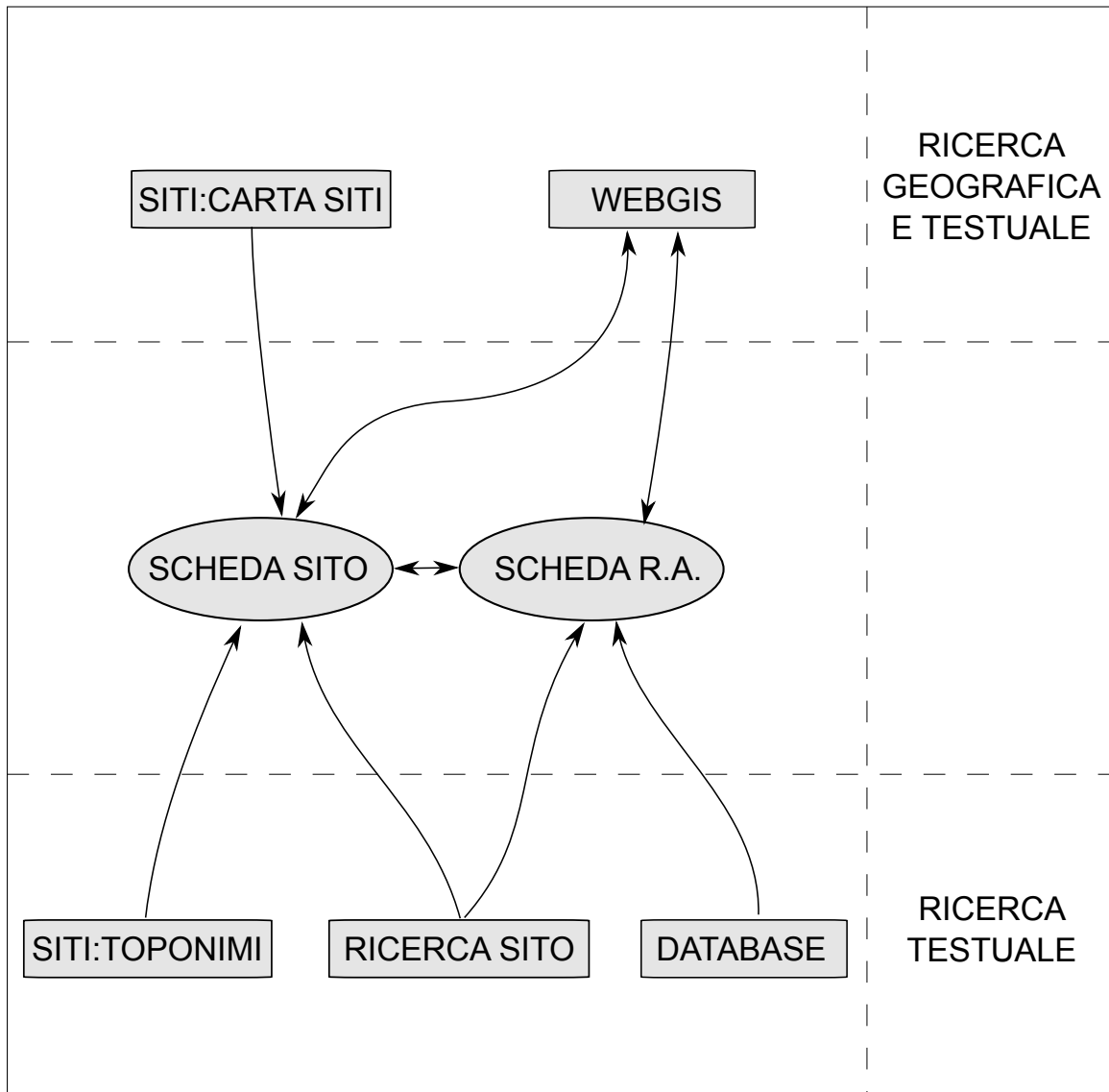


Figura 9.3: Struttura del sito web

9.3.1 Il sito web

Il sito *web* è basato su un sistema di schede (fig. 9.4), per ogni sito ne esiste un certo numero che può variare a seconda della quantità di dati disponibile per ognuno di essi. Le

³⁷<http://heron-mc.org/>

schede sempre presenti saranno quella principale riassuntiva e quella della descrizione. A queste si possono aggiungere, se presenti, una scheda per la ceramica, una per il rilievo, una per le tabelle riassuntive degli elementi e una per la *gallery* fotografica. Ognuna di queste è raggiungibile da tutte le altre attraverso un'interfaccia a *tabs*. Inoltre per ogni reperto schedato si può accedere ad una scheda singola al cui interno si trovano una tabella dei dati che lo riguardano e se presenti foto e disegni.

Il sito così strutturato si comporrebbe di un numero molto elevato di pagine web, anche per la sola Tunisia, che sarebbero ovviamente impossibili da gestire singolarmente. Per questo motivo il sito è stato sviluppato attraverso il *framework* Django basato sul linguaggio di programmazione Python, che ha permesso di creare l'intero sistema molto più semplicemente. In questo sistema i file .html, detti *templates*, sono dei modelli vuoti che vengono compilati dinamicamente dalle viste (*views*) che si occupano di richiedere i dati dal *database* in un processo per molti versi piuttosto simile a quello dei *reports* comuni a tutti i sistemi *desktop* di gestione *database*.

Scheda Sito

Andando ora ad analizzare nel dettaglio le varie componenti del sito, la prima pagina (figura 9.4) di ogni sito si presenta come un riassunto di tutte le informazioni ad esso relative.

Scheda Descrizione Elementi Ceramica Rilievo Gallery Vedi questo sito nel Webgis

Preistorico Lib/Pun Tardo Rep Romano1 Romano2 Vandalo Bizantino Islamico Moderno

Atlas: 6 Classe tip: **produttivo** Villa: no Oleificio: **si** Chiesa: **si**
 Toponimo: **Ain Meilliti** Tipologia: **agglomerato** Tomba: no Fortezza: **si** Marabut: **si**
 Toponimo: **Sidi Abadallah Meilliti** Sottotipo: Tempio: no Acquedotto: no Cisterna: **si**

Tabella riassuntiva elementi

Search:

Tipologia	Quantita
architrave	6
colonna	4
contrappeso	2
ep	1
incaastro	4
Mola Manualis	1
soglia	8
soglia/architrave	1
stipite	5

Showing 1 to 10 of 10 entries

Tabella riassuntiva ceramica

Search:

Tipologia	Quantita
ACW	2
AMPH	33
AMPH Africana	3
AMPH Bizantina	1
ARS	1
ARS A	3
ARS D	15
ARS Regionale	3
ARS/CW Regionale	1

Showing 1 to 18 of 18 entries

Tabella di tutti gli elementi

Search:

ID_EL	Tipologia
DU565CI001	Cisterna
DU565CI002	Cisterna
DU565CI003	Cisterna
DU565CO001	Colonna
DU565CO002	Colonna
DU565CO003	Colonna
DU565CO004	Colonna
DU565EP001	Eggigrafe
DU565MM001	Mola Manualis

Showing 1 to 37 of 37 entries

Figura 9.4: La scheda sito

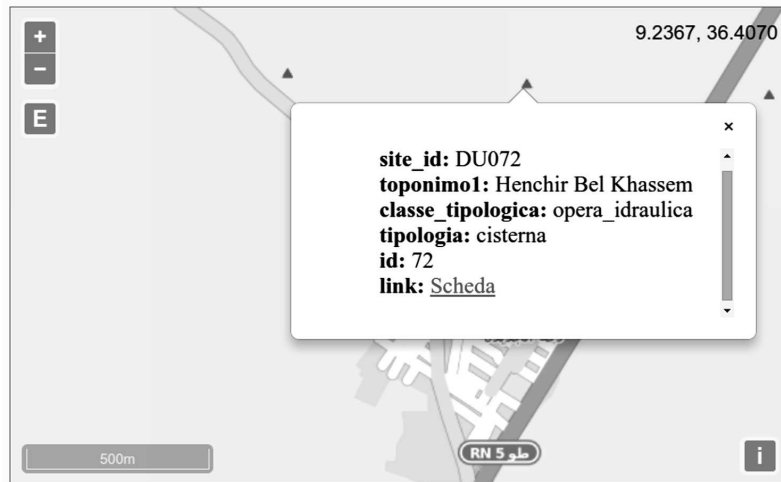


Figura 9.5: Interrogazione dei siti

Nella prima parte si trova il grafico relativo alla cronologia, questo è composto da una serie di rettangoli relativi ad ogni fase cronologica che vengono campiti in bianco nel caso la fase non sia attestata, in nero se la fase è attestata con sicurezza, in grigio se vi è un dubbio ed infine a linee diagonali se è la fase è attestata in base a elementi non ceramici come iscrizioni o strutture databili, seguendo il modello pubblicato in *Rus Africum Tome I*³⁸.

Scendendo si trovano le principali informazioni alfanumeriche presenti nella tabella del *database*, come i toponimi, la tipologia di insediamento, il numero corrispondente dell'*Atlas Archéologique de la Tunisie* e la presenza o assenza di possibili elementi come oleifici, acquedotti, fortezze ecc.

Nella parte centrale sulla sinistra si trova una carta che riporta la posizione del sito, come base cartografica è possibile scegliere tra varie possibilità, come *Google Satellite*, *Open Street Map*, *Open Cycle Map*. La carta sarà centrata sul sito in questione ma oltre a questo, muovendosi nella carta, è possibile vedere anche i siti vicini. Cliccando su di essi è possibile ricevere alcune informazioni a riguardo oppure essere rimandanti alla relativa pagina del sito (vedi fig. 9.5).

Affiancata al riquadro della carta dei siti si trova una *gallery* fotografica in cui si possono visualizzare, se presenti, alcune delle foto relative al sito.

Infine, nella parte più bassa della pagina, si trovano tre tabelle che riportano informazioni riguardo ai materiali rinvenuti nel sito. In primo luogo un riassunto dei reperti archeologici con le quantità divise per tipologia, vi è poi una tabella riassuntiva delle tipologie e delle quantità di materiali ceramici presenti all'interno del sito ed infine un elenco di tutti i reperti con relativo *link* che rimanda alla scheda singola di quel reperto (vedi figura 9.8).

Descrizione

La scheda descrizione (figura 9.6) è una pagina composta unicamente di testo che riporta la descrizione del sito. Oltre a questa sono riportati i toponimi, le coordinate geografiche e la bibliografia.

³⁸Andreoli 2013, p. 11.

Scheda
Descrizione
Elementi
Ceramica
Gallery
PDF
Webgis

Toponyme

Ain ben Abid; Ben Hdid ou Bordj el Arbi Ben Yussef; Henchir H Rich

Position

9.171 N, 36.439 E, H 590. Source Ain Hlima; sol d'excellente qualité, comme en témoigne le choix du lieu de la construction pour une ferme pendant le protectorat français. Le relief doux du terrain a permis la création de grands champs appropriés au labour mécanique. La partie nord de la présumée propriété antique a des roches de gypse effleurant. En 2001 on a fait un réseau de trous à des distances régulières pour la plantation d'une oliveraie. Dans un de ces trous on a mis au jour une paroi d'amphore au graffiti: IVXXX interprété comme le chiffre 36. A cette découverte on a attribué l'identificatif du site 516.

Description

Antique établissement rural réparti sur plusieurs endroits, démembré et détruit par la ferme moderne. Du site décrit par Carton en 1895 et au IAA145, n'existe actuellement aucune trace, ayant sans doute disparu lors de la construction de l'habitat rural moderne. Les nombreuses pierres antiques en calcaire blanc retrouvées éparpillées à travers la ferme moderne témoignent de l'existence d'un ou plusieurs établissements antiques. Certains éléments de pressoir ont été ajoutés en 1999 à ceux déjà présents sur le terrain du complexe, tout cela a disparu en 2010. La maison principale comprenait une margelle carrée avec un trou circulaire au centre; un banc appuyé à la façade est, qui a été construit de blocs antiques blanchis à la chaux. Insérés de chaque côté de la porte de l'étable se trouvent deux cippe funéraires à fronton voûté entre deux balustres, recouverts de couches de chaux, dont les inscriptions sont maintenant tournées vers le bas. À l'est de la ferme il y a un mur de terrassement fait de blocs antiques réutilisés, y compris un seuil, une gargouille à entonnoir monumentale en calcaire blanc et un chapiteau corinthien avec deux feuilles lisses sur les deux côtés longs et une feuille sur les deux petits côtés. Un chapiteau similaire à Uchi Maius, ayant plus d'espace entre le sommet des feuilles et le *kalathos*, est d'une qualité supérieure (Teatini 1997, 385-6). Les volutes aux quatre coins et la fleur au milieu du côté long du chapiteau du site 2 sont réduits à des éléments géométriques, comme dans les chapiteaux de Chercell (Pensabene 1982, 66, n°193-4). Les chapiteaux de Tidid ont le *kalathos* posé directement sur les feuilles, comme dans le chapiteau que nous publions ici ainsi que dans un chapiteau d'Ain Tounga dans lequel par contre les nervures des feuilles sont élaborées (Pensabene 1986, 393). Ces chapiteaux appartiennent à la production de l'antiquité tardive.

Les 3 contrepoids autrefois déposés dans la cour de la ferme moderne pourraient provenir du site 516. La dalle en calcaire chaulée déposée sous un arbre en face de la ferme n'a pas une rigole, mais elle pourrait être la maie (*ara*) d'un pressoir (1,98 x 1,92 m) avec bossage saillant de 0,08 m. *Arae* similaires sans rigole circulaire pour vidanger l'huile ou le vin pressé ont été trouvées *in situ* dans les pressoirs des sites 187, 205 et 249. Auge monolithique (1,14 x 0,62 x 0,48 m); auge monolithique (0,69 x 0,49 x 0,35 m; côtés larges 0,08), auprès du gourbi et de la maison en béton: - *Catillus*: contrairement à la forme habituelle des *catilli*, cet exemplaire-ci en calcaire nummulitique blanc est muni de deux encoches à queue d'aronde sur le côté extérieur du cylindre (cf. site 477) (de Vos, 2007, 52-3, fig. 8a-b; de Vos, Attoui, Andreoli 2011, 141, fig. 21); - base moulurée. Du côté ouest de la route d'accès à la ferme moderne on relevait des murs modernes en petit appareil lié avec du mortier gris, construits sur les ruines antiques. Le lit d'attente d'un bloc équerré présente un trou de louve de levage. Les structures en *opus vittatum* photographiées en 1994 se trouvaient être disparues en 2000. Site 516. Au sommet de la colline, entre la ferme et la route se trouvait un établissement, dont il reste de grandes pierres blanches, des fragments d'enduit étanche de tuileau et de céramique. Il est possible que les éléments déposés en face de la ferme viennent de cette colline.

Bibliographie

Carton 1895, 241: 'Ain el Abid. - À 1500 mètres plus loin et au nord de la route, auprès d'une source, sont des pressoirs, une auge [p. 242] circulaire, un fortin. Sur la plinthe d'une console présentant à sa partie inférieure un ornement en forme de losange, on lit, en caractères élégants de 0m06 de hauteur [CIL 8.26439]. Sur un autre cippe, à fastigium et acrotères: [CIL 08.26440]. Hauteur des lettres: 0m,05: N°429.' Cette inscription aurait pu être gravée sur le cippe funéraire avec fronton entre deux balustres incorporé à la droite du garage (hauteur totale 1,17 m, l 0,39 m, largeur du cadre, sous le balustre 0,62 m). Le fait que le côté inscrit du cippe est orienté vers le bas ou vers le mur, expliquerait pourquoi il n'est plus visible.

Figura 9.6: Le scheda descrizione

Scheda
Descrizione
Elementi
Ceramica
Rilievo
Gallery
Vedi questo sito nel Webgis

Tabella Epigrafi (1)

Id_el	Cod. R.A.	Cil.	Cil (ried)	M.A.D.	Doppia	Tip.	Funz.	In_sit	Riuso	Mat	Ril.
EP001	047-01	27348	26882	1552	no	iscrizione	funerario	no	no		→

Tabella Torchi (5)

Id_el	Tip.	L_L	L_B	H	D_L_L	D_E_H	Prof	Mat	Ril.
TO001	incastro	definito 223.0	definito 72.0	definito 50.0	20-9	28	36		→
TO002	architrave_tor	definito 223.0	definito 73.0	definito 39.0	8	39	?		→
TO003	ara	indefinito 139.0	indefinito 98.0	non_rilevato	?	?			→
TO004	ara	definito 195.0	definito 172.0	non_rilevato					→
TO005	mensola_tor	definito 41.0	definito 23.0	non_rilevato					→

Tabella Elementi Architettonici (10)

Id_el	Tip.	Elem.	S_con	L_L	L_B	H	In_sit	Mat	Ril.
RE001	stipite	finestra	ottimo	definito 90.0	definito 65.0	indefinito	no	calcare	→
RE002	soglia	finestra	ottimo	non rilevato	non rilevato	non rilevato	no	calcare	→
RE003	stipite	porta	ottimo	indefinito 75.0	definito 45.0	non rilevato	si	calcare	→
RE004	stipite	porta	buono	non rilevato	non rilevato	non rilevato	si	calcare	→
RE005	stipite	porta	buono	non rilevato	definito 55.0	definito	si	calcare	→
RE006	soglia	porta	buono	definito 54.0	definito 60.0	non rilevato	no	calcare	→
RE007	stipite	porta/finestra	buono	definito 90.0	indefinito 36.0	non rilevato	no	calcare	→
RE008	soglia	porta/finestra	buono	indefinito 37.0	indefinito 30.0		no	calcare	→
RE009	stipite	porta/finestra	buono	definito 60.0	definito 54.0	non rilevato	no	calcare	→
RE010	sarcofago	sarcofago	pessimo	indefinito 200.0	definito 60.0	30+	no	calcare	→

Tabella Elementi Decorativi (6)

Id_el	Tip.	Sottot.	Decor.	abaco lwx cima	calato lwx base	H	Mat	Ril.	
CA001	capitello	trapezoidale	liscio	55x42x7	34x42x20	definito 27.0		calcare	→
KY001	cornice	modanato		67x24+				calcare	→
KY002	cornice	modanato		63x?		indefinito 49.0		calcare	→
KY003	cornice	modanato		56x?				calcare	→
KY004	cornice	modanato						calcare	×
KY005	blocco	modanato						calcare	→

Figura 9.7: Le tabelle reperti archeologici

Tablette reperti archeologici

La scheda delle tabelle dei reperti archeologici (figura 9.7) contiene appunto le tabelle di tutti i reperti archeologici presenti in un dato sito, le tabelle sono suddivise per tipologia di reperto e riportano una selezione dei dati presenti nel *database*.

Oltre ai dati alfanumerici ogni elemento ha due *links*, uno alla scheda singola e un altro alla scheda rilievo. In particolare quest'ultimo mostrerà il rilievo del sito al livello massimo di *zoom* in corrispondenza dell'elemento richiesto e sarà presente unicamente nel caso l'elemento sia effettivamente visibile sul rilievo, nel qual caso il campo Ril. sarà compilato con una freccia verso destra mentre se l'elemento non è rilevato al posto del *link* e della freccia comparirà una X.

Scheda singolo reperto archeologico

In questa scheda si riportano tutte le informazioni presenti per ogni reperto archeologico (figura 9.8).

The screenshot shows a web interface for an archaeological site. At the top, there are tabs: "Scheda", "Descrizione", "Elementi", "Rilievo", and "Gallery". On the right, there are buttons for "PDF" and "Webgis". Below the tabs is a search bar and the site identifier "DU390EP001".

On the left, there is a list of elements with columns "Tipologia" and "Quantita". The selected element is "DU390EP001" with the type "Egpigrafe".

The main content area is divided into three sections:

- Map:** A map showing the location of the find with markers [A] and [Ep].
- Testo:** The text of the inscription:


```
lovi Optimo
Maximo Aug(usto) sacrum
pro salute P[as]-
s(i)eni patru[
et] liberor[um -
--e]us[
```
- Tabella:** A table with the following data:

R.A.	390-01
Cii	
Mad	
Testo (Primi 50 caratteri)	lovi Optimo / Maximo Aug(usto) sacrum / pro salute P[as]- / s(i)eni patru[/ et] liberor[um - / --e]us[
Tip.	Iscrizione
Mat.	
Rilievo	→

At the bottom left, it says "Showing 1 to 24 of 24 entries".

Figura 9.8: La scheda reperto archeologico

La scheda è divisa in due sezioni. La prima nella parte sinistra riporta tutte i reperti presenti nel sito e ricopre la funzione di velocizzare la consultazione delle schede potendoli ordinare o ricercare per tipologia o id.

La seconda nella parte destra è invece relativa alle informazioni riguardanti il singolo reperto. In particolar modo si riportano le informazioni alfanumeriche già presenti nella sezione precedente con l'aggiunta però della documentazione grafica. Foto e/o disegni che sono disponibili per quel reperto. Inoltre, unicamente per quanto riguarda il materiale epigrafico, vi è l'aggiunta di una sezione che riporta il testo dell'epigrafe posizionato a fianco della tabella.

Infine per muoversi più agevolmente tra le schede, sono presenti anche delle frecce nella parte superiore della pagina che permettono di spostarsi in avanti o indietro di una scheda in base all'ordine alfabetico degli id elemento.

Scheda ceramica

La scheda ceramica (figura 9.9) contiene una tabella che contiene appunto gli elementi ceramici presenti nel sito. Dal momento che spesso questa tabella può contenere un numero di *records* piuttosto elevato per la sua consultazione risultano indispensabili le capacità di ordinare i *record* alfabeticamente per qualsiasi campo e la possibilità di ricercare un termine particolare all'interno della tabella, attraverso una apposita *form* presente nella parte in alto a destra.

Cl.	Tip	Prod	Forma	Sup	Dec	Imp.	Dat1	Dat2	Q.
ARS	H27/181	A	D			produzione regionale	150	225	1
ARS	H181	D	D	ingobbio ben conservato			150	225	2
AMPH	Keay 35?		nid	senza ingobbio		impasto compatto arancio	400	500	1
ARS	H90	D	D				400	500	1
LA	Att.X		nid		motivo illeggibile; matrice stanca	impasto non depurato di colore arancio marroncino, con grandi inclusi bianchi	400	600	1
AMPH	Sidi Jdidi 14.9	Africana	nid	ingobbio color crema esterno		impasto arancio polveroso	450	500	1
AMPH	Sidi Jdidi 14.9	Africana	nid	senza ingobbio??		impasto arancio marroncino polveroso con inclusi bianchi	450	500	1
ARS	H80A	D	B				450	475	1
ARS	H80B	Regionale	B			impasto marroncino aranciato poroso	450	475	1
ARS	H86/104A	D	D				475	550	1
ARS	H99A	D	B		all'altezza della frattura inizio di decorazione stampigliata a cerchi concentrici	prod. locale: impasto poroso arancio con minuscoli inclusi bianchi	510	540	1

Figura 9.9: La scheda ceramica

Scheda rilievo



Figura 9.10: La scheda rilievo

La scheda “rilievo” riporta, se presente, il rilievo del sito archeologico effettuato mediante stazione totale durante le campagne di ricognizione. Oltre alla pianta degli edifici rilevati, le proposte di integrazioni e le curve di livello sono segnalati tutti i reperti archeologici rilevati, o dei quali sia nota la posizione. Questi reperti, indicati attraverso dei quadrati colorati sono, in maniera simile ai siti nella scheda principale, interrogabili (figura 9.11) restituendo le informazioni principali come id elemento e tipologia oltre che un *link* che rimanda alla solita scheda elemento.



Figura 9.11: Interrogazione dei reperti

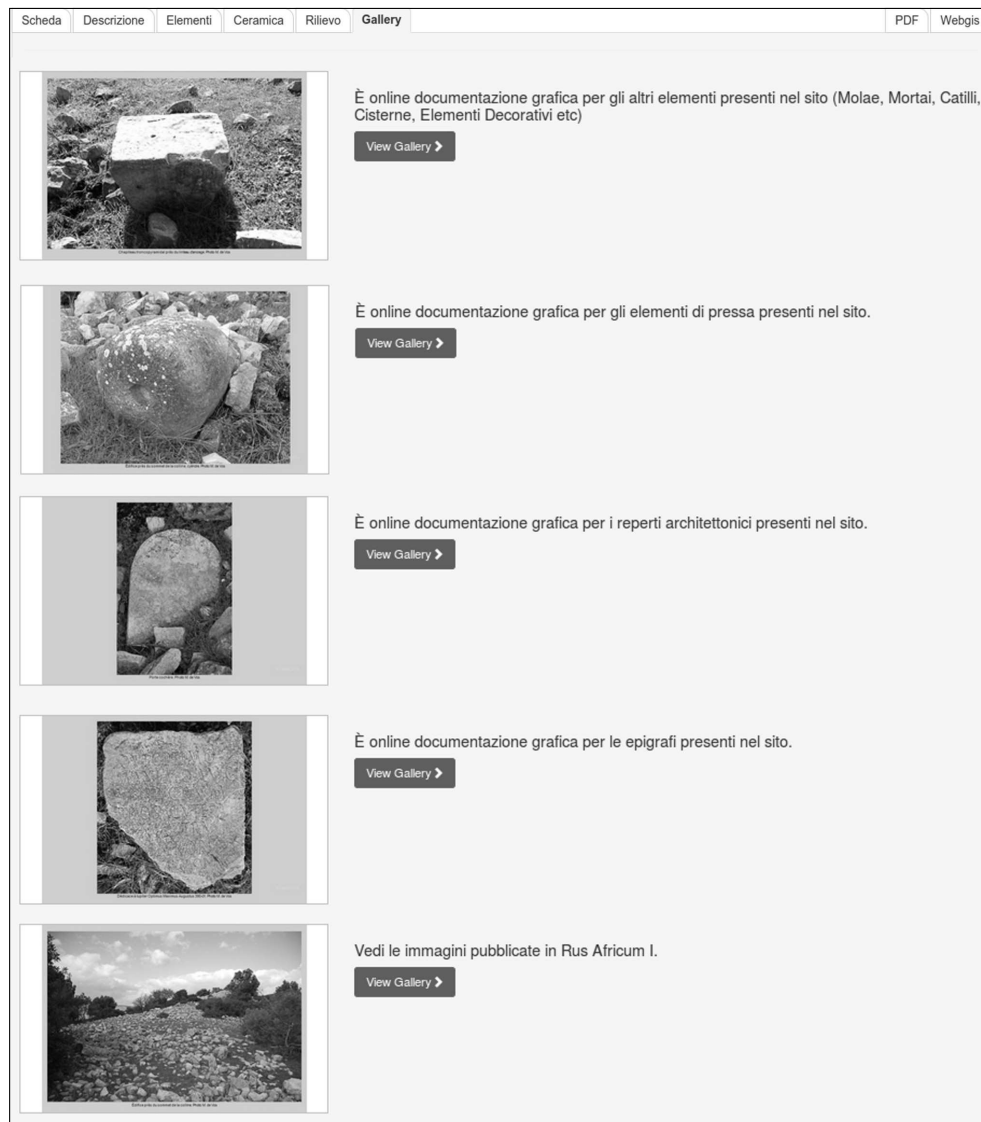


Figura 9.12: Foto e disegni dei reperti archeologici divisi per tipologia

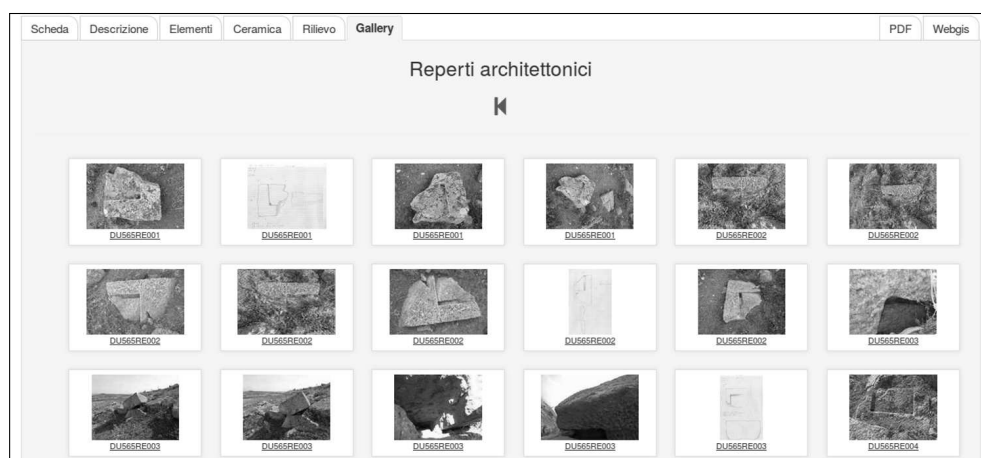


Figura 9.13: Foto e disegni dei reperti archeologici di una tipologia

Scheda *galleries*

La scheda delle *galleries* (figura 9.12) contiene tutta la documentazione grafica (foto e disegni) relative ad un sito suddivise per tipologia. Le tipologie sono state ridotte a quelle più numerose, epigrafi, elementi di pressa ed elementi architettonici mentre le restanti sono state raggruppate in una generica “Altri elementi”, vi è infine una raccolta relativa a foto più generali del sito, non legate strettamente ad un singolo elemento.

La suddivisione in gallerie per tipologia è ottenuta in maniera automatica attraverso uno *script* Python basandosi sulla suddivisione in cartelle. Le foto infatti sono archiviate in una struttura gerarchica. Il primo livello è quello del sito all'interno del quale si trovano le foto generali e una cartella per ognuno degli elementi, denominata in base agli identificativi unici degli elementi (ID_EL). All'interno di ogni cartella si trova la documentazione relativa a un unico elemento. Lo *script* legge il nome della cartella e lo associa all'id presente nel *database* riconoscendo in questo modo l'elemento a cui le immagini si riferiscono. Conoscendo l'id dell'elemento è possibile di conseguenza conoscerne la tipologia e dunque inserirlo all'interno della galleria appropriata.

Si è preferito utilizzare questo sistema, che rigenera ogni volta su richiesta del *client* l'organizzazione delle pagine relative alle gallerie fotografiche, nonostante la constatazione che nel caso di numerose richieste contemporanee (nel caso il sito fosse reso pubblico) questo potrebbe portare ad un lieve rallentamento. Questa scelta è stata effettuata in quanto il lavoro di catalogazione delle foto non è ancora ultimato e il sistema descritto lavorando automaticamente sui dati disponibili non necessita di alcun aggiornamento ogni volta che le foto all'interno di una cartella vengono aggiornate. In questo modo sono utilizzati sempre gli ultimi dati disponibili. Non si esclude tuttavia, una volta concluso il lavoro, di passare ad un sistema più statico, mantenendo all'interno del *database* i percorsi dei *files* associati agli id elemento in modo da evitare al *server* il continuo lavoro di lettura dei nomi dei *files* all'interno della struttura di cartelle.

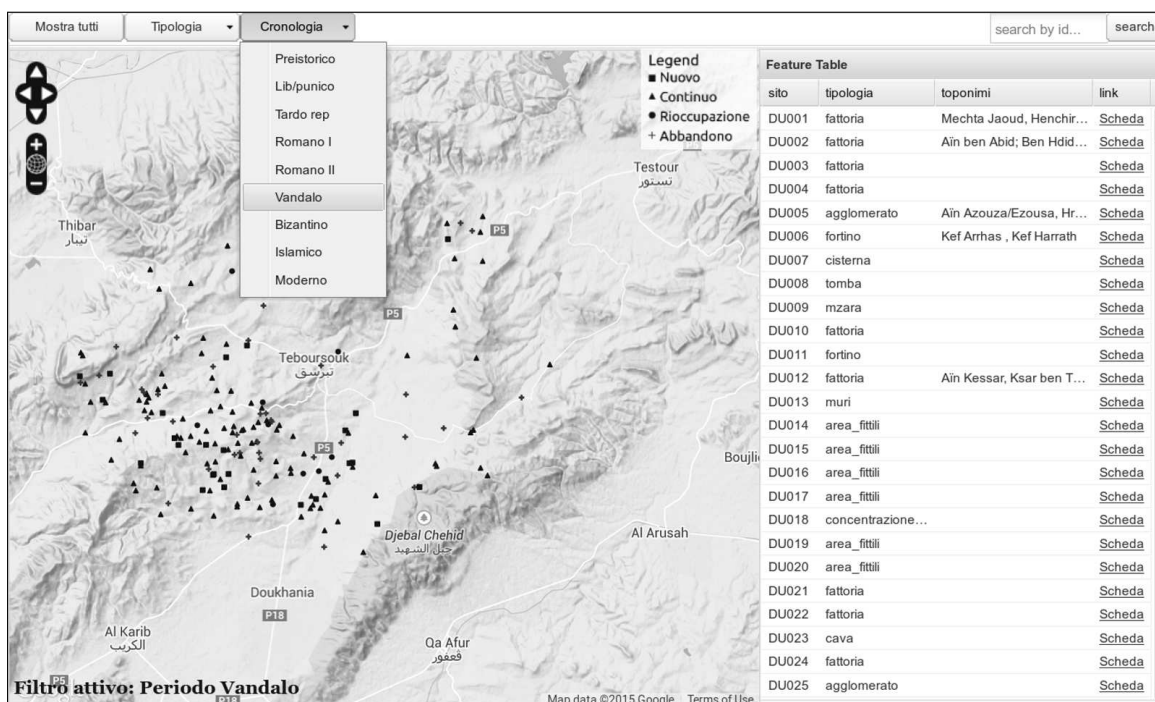


Figura 9.14: Carta dei siti con filtri per tipologia e cronologia

Carta dei siti

Sempre all'interno del sito web si è inserito anche una piccola applicazione di *Webmapping* sviluppata attraverso *GeoExt/Ext JS* dedicata unicamente alla visualizzazione dei siti. Questa applicazione, visibile in figura 9.14 è suddivisa in due parti. Nella parte a destra è presente la parte cartografica, mentre sulla sinistra si trova una tabella che riporta le informazioni principali di ogni sito, ID, tipologia, toponimo e link alla scheda. Il suo scopo è quello di fornire una possibilità di ricerca basata sia sulla posizione geografica del sito che, utilizzando gli appositi filtri presenti nella parte superiore, su alcune delle sue caratteristiche. È possibile infatti filtrare i siti in base alla loro tipologia oppure in base alla loro cronologia. Una volta applicato uno dei filtri disponibili, si aggiorneranno sia la rappresentazione cartografica che la tabella, mostrando unicamente i siti che corrispondono alla caratteristica richiesta. Il filtro basato sulla cronologia modificherà il simbolo visualizzato nella carta a seconda se in quel periodo cronologico il sito è stato occupato per la prima volta, è stato rioccupato, continua dalla fase precedente oppure è stato abbandonato.

Consultazione del *database*

L'ultima funzionalità del sito implementata fino ad ora è quella relativa alla possibilità di consultare direttamente le tabelle del *database* (fig. 9.15).

Site_id	Id_el	Tipologia	Stato LL	LL	Stato LB	LB	Stato H	H
DU004	DU004TO002	contrappeso	indefinito	100.0	indefinito	47.0	definito	50.0
DU025	DU025TO018	contrappeso	indefinito	124.0	indefinito	59.0	indefinito	76.0
DU025	DU025TO012	contrappeso	definito	84.0	indefinito	40.0	definito	58.0
DU031	DU031TO002	contrappeso	indefinito	69.0	indefinito	52.0	definito	82.0
DU034	DU034TO003	contrappeso	definito	110.0	indefinito	62.0	indefinito	45.0
DU049	DU049TO008	contrappeso	indefinito	38.0	indefinito	46.0	definito	80.0
DU066	DU066TO003	contrappeso	indefinito	108.0	indefinito	69.0	indefinito	31.0
DU388	DU388TO001	contrappeso	definito	68.0	indefinito	53.0	definito	48.0
DU482	DU482TO001	contrappeso	definito	147.0	indefinito	65.0	definito	70.0
DU506	DU506TO004	contrappeso	indefinito	21.0	indefinito	50.0	definito	50.0
DU507	DU507TO004	contrappeso	indefinito	120.0	indefinito	60.0	indefinito	60.0
DU550	DU550TO005	contrappeso	indefinito	87.0	indefinito	82.0	indefinito	70.0
DU550	DU550TO004	contrappeso	indefinito	89.0	indefinito	70.0	indefinito	70.0
DU561	DU561TO001	contrappeso	indefinito	138.0	indefinito	65.0	definito	70.0
DU565	DU565TO003	contrappeso	indefinito	70.0	indefinito	45.0	definito	50.0

Showing 1 to 15 of 15 entries (filtered from 905 total entries)

Figura 9.15: Consultazione delle *database*

Questa funzionalità può essere vista come una modalità di accesso più diretta a tutti i dati contemporaneamente oltre che come un'ulteriore funzione di ricerca. Per il momento sono state inserite solamente le tabelle che rientravano nel campo di interesse di questa tesi, dunque quella dei siti e quella degli elementi di torchio. Le modalità di accesso sono simili a quelle delle altre tabelle presentate finora ma con alcune differenze sostanziali. In primo

luogo è data la possibilità di scaricare i dati in diversi formati in modo da poterli riutilizzare al di fuori del sito. La seconda differenza riguarda un sistema di filtraggio più complesso, infatti è possibile applicare dei filtri su ognuna dei campi del *database*. Infine una differenza non visibile ma fondamentale per poter gestire contemporaneamente tutti i dati presenti all'interno di una tabella del *database* è la modalità in cui questi dati vengono ricevuti dal *server*. Normalmente infatti i dati vengono ricevuti una singola volta al momento della creazione della pagina, ciò è possibile in quanto essi sono in genere numericamente limitati e dunque il *server* può agevolmente gestire la richiesta. Nel caso in cui al contrario i dati sono molti si deve gestire le richieste in maniera asincrona ossia le richieste effettuate dal *client* sono inviate al *server* senza la necessità di ricaricare la pagina, inoltre questo invierà solamente le informazioni che saranno visibili all'interno della pagina. In questo modo il carico di lavoro riguardante il filtraggio dei dati è spostato sul *server* rendendo molto più veloce la navigazione sul lato *client*.

9.3.2 L'applicazione di *Webmapping*

L'applicazione di *web mapping* mette al primo posto l'informazione spaziale e permette di richiamare le informazioni alfanumeriche ad essa collegate.

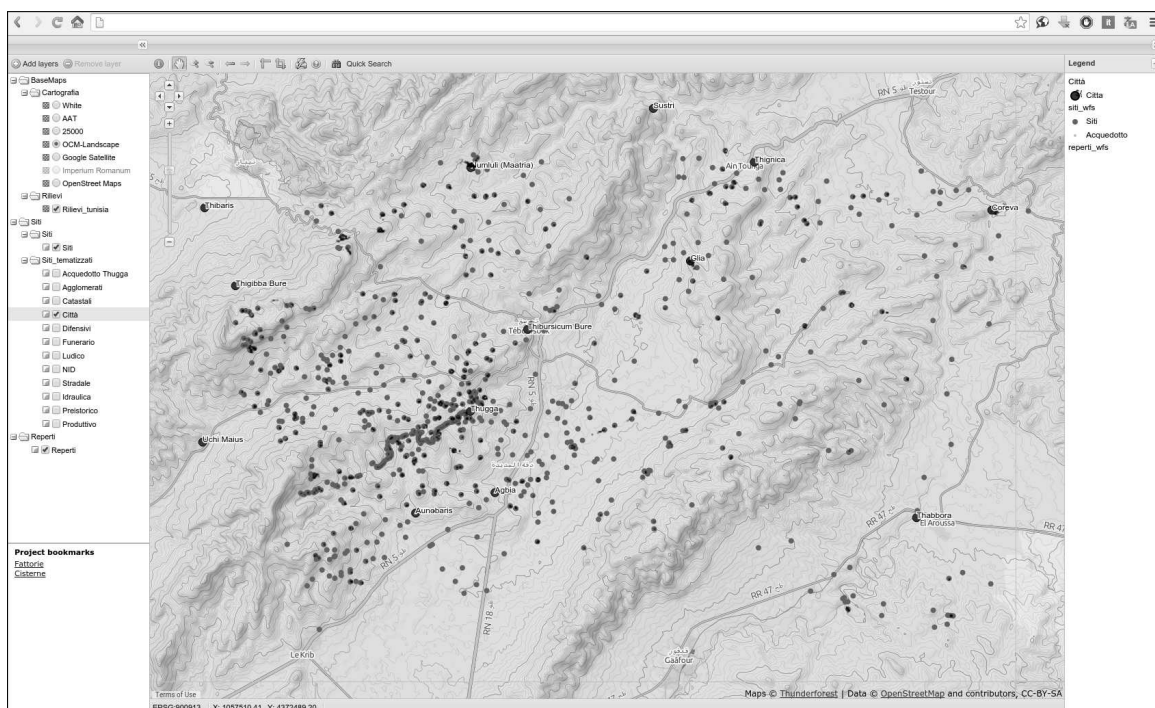


Figura 9.16: L'interfaccia dell'applicazione di *Webmapping*

Questa è stata sviluppata utilizzando *The Heron Mapping Client (MC)*, una raccolta di librerie che facilita la creazione di applicazioni cartografiche. Questo sistema offre numerosi strumenti ed è in costante sviluppo. La funzionalità più importante, che ha portato alla scelta di questo sistema rispetto ad altri, è senza dubbio la presenza di differenti metodi di ricerca.

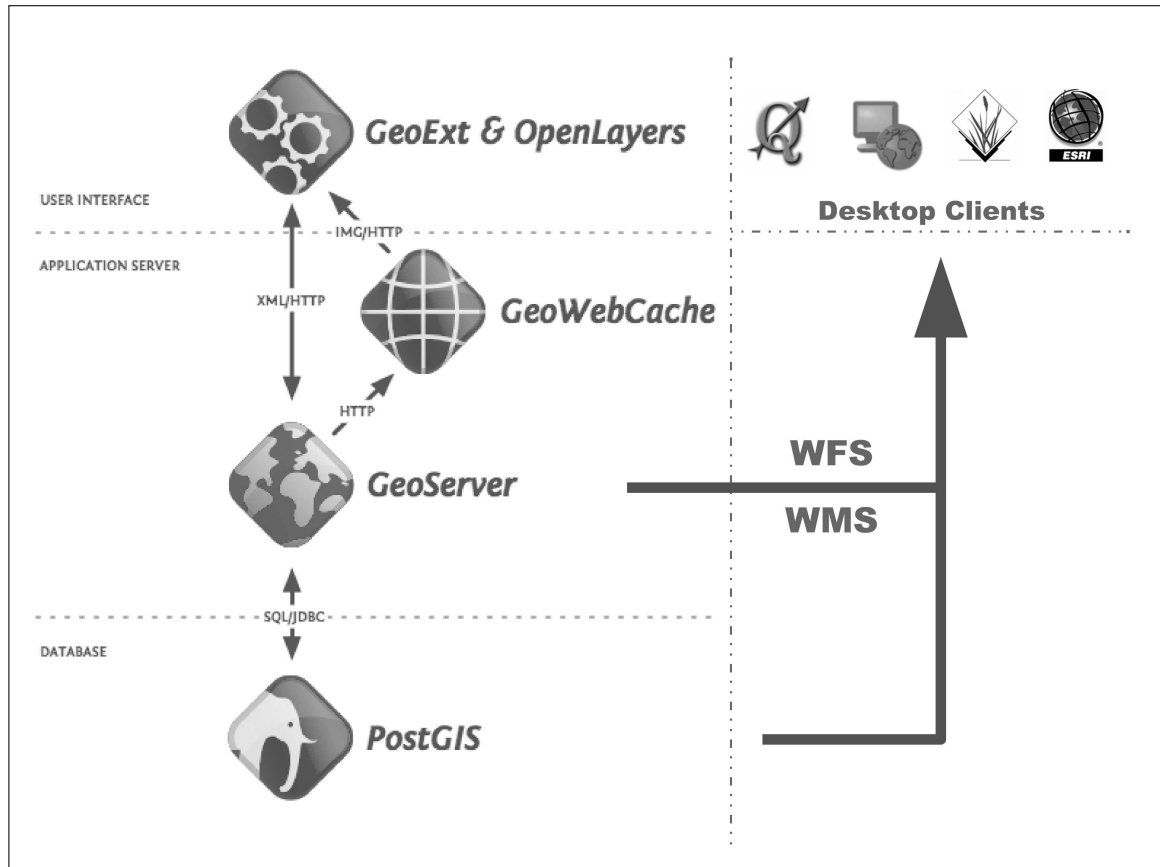


Figura 9.17: Schema webGIS

In figura 9.17 sono schematizzate le principali componenti del sistema, i programmi lato *server* e nella parte più alta le possibili modalità di accesso ai dati da esse gestiti. L'applicazione di *Webmapping* corrisponde alla parte in alto a destra basandosi infatti sul *toolkit GeoExt JavaScript*. *GeoExt* è un potente *kit* di strumenti che combina *OpenLayers* con l'interfaccia utente di *Ext JS* per aiutare a costruire applicazioni GIS stile *desktop* sul *Web* con *JavaScript*. *Heron MC* sfrutta queste componenti permettendo di assemblare rapidamente applicazioni solo attraverso *files* di configurazione, senza intervenire direttamente sul lato della programmazione.

In questa applicazione si è in grado di effettuare delle basilari operazioni GIS come ricerca, misurazione, accensione spegnimento dei livelli, stampa e *styling* dei *layers*. Si andranno ora a descrivere brevemente queste funzionalità.

Connessione con il sito

La prima funzionalità che si intende presentare è quella di interconnessione con la parte sito web. Come già accennato, il sito e l'applicazione di *Webmapping* sono strettamente correlate tra loro. In figura 9.18 è possibile osservare in che modo questo avvenga. Selezionando ad esempio un reperto comparirà una tabella che contiene le informazioni che lo riguardano, oltre a queste vi sarà anche la possibilità cliccando su un *link* di aprire in una finestra la scheda reperto, in modo da poter avere informazioni aggiuntive e poter vedere l'eventuale documentazione grafica. La stessa cosa succederà nel caso invece si selezioni un sito, in questo caso si aprirà una finestra che contiene le varie schede ad esso relativo ad eccezione di quella del rilievo in quanto questo è già visibile nell'applicazione di *Webmapping*.

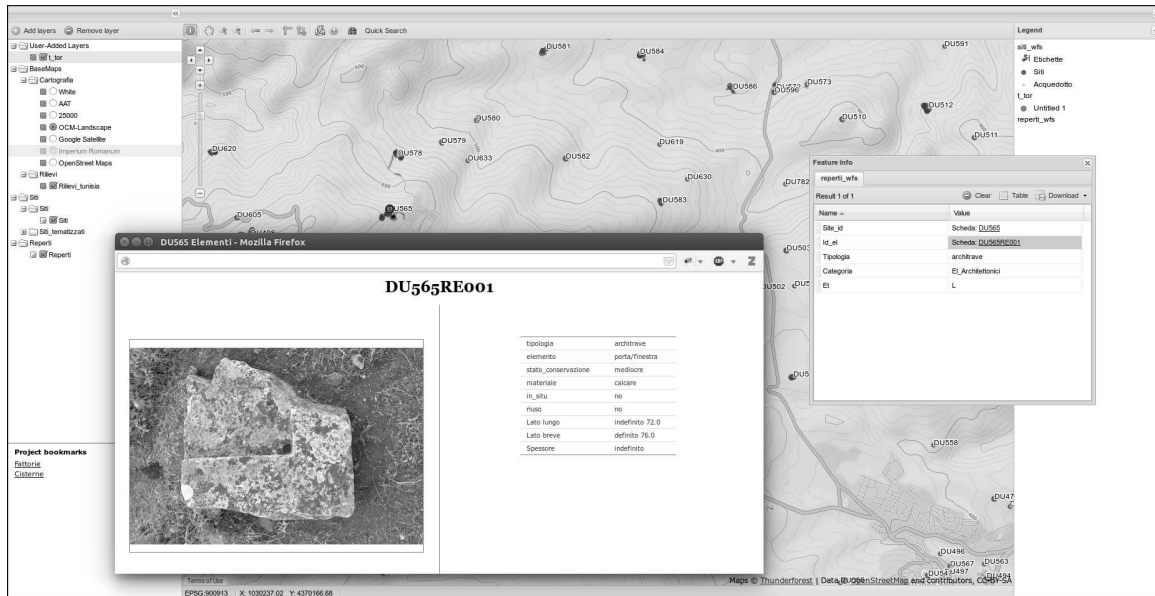
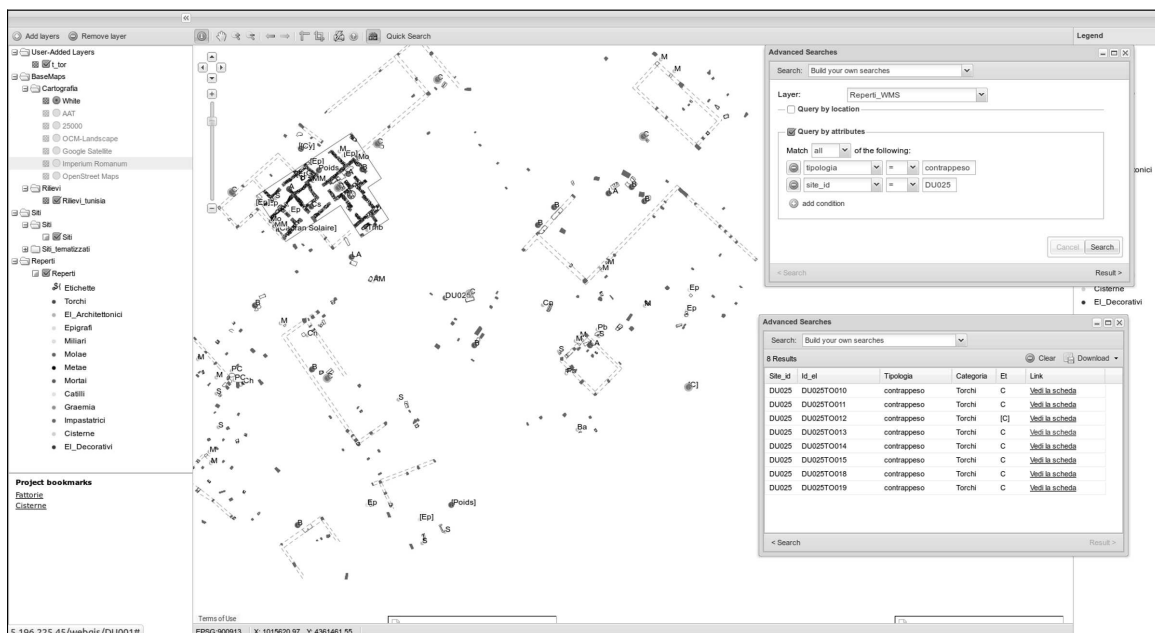


Figura 9.18: Connessione con il sito

Ricerca

Una caratteristica fondamentale di questa applicazione è la grande varietà di strumenti utilizzabili per la ricerca delle informazioni. In figura 9.19 si può osservare uno di questi, probabilmente il più utile, che è quello della composizione facilitata di *query* SQL. In questo modo si potranno cercare gli elementi di interesse all'interno di ogni *layer* in base ai loro attributi alfanumerici o anche in base alla loro collocazione geografica. In figura 9.19 è visibile una *query* che restituisce come risultati tutti i contrappesi all'interno di un sito. Sono poi presenti anche ricerche basate solo sulla posizione oppure ricerche veloci basate su una parola chiave che può essere un id, una tipologia oppure il testo di un'iscrizione.

Figura 9.19: Ricerca all'interno dell'applicazione di *web mapping*

Styling

Un'altra importante funzionalità che si è ritenuto importante aggiungere all'applicazione di *web mapping* è quella dello *styling* dei *layers*. Con questo si intende la possibilità di modificare le modalità in cui le *features* vengono visualizzate a schermo. In questo modo sarà possibile cambiare il colore, la forma e la dimensione del punto, della linea o del poligono di un dato *layer* (figura 9.20). È possibile inoltre aggiungere o togliere etichette che visualizzino a schermo un campo a scelta tra quelli disponibili nella tabella associata. Queste possibilità di stilizzazione sono applicabili a tutte od a solo una parte delle *features* individuando sottoinsiemi di ogni *layer* attraverso delle semplici *query SQL* costruibili attraverso un'interfaccia grafica. Grazie a questa funzionalità è possibile, direttamente dall'interfaccia *web*, creare delle carte tematiche che, come si illustrerà nella sezione successiva, potranno essere stampate.

Questa modalità sarà applicabile solamente ai dati ottenuti attraverso il servizio WFS dal momento che questo genere di operazioni a livello *client* sono ottenibili solamente su dati di tipo vettoriale.

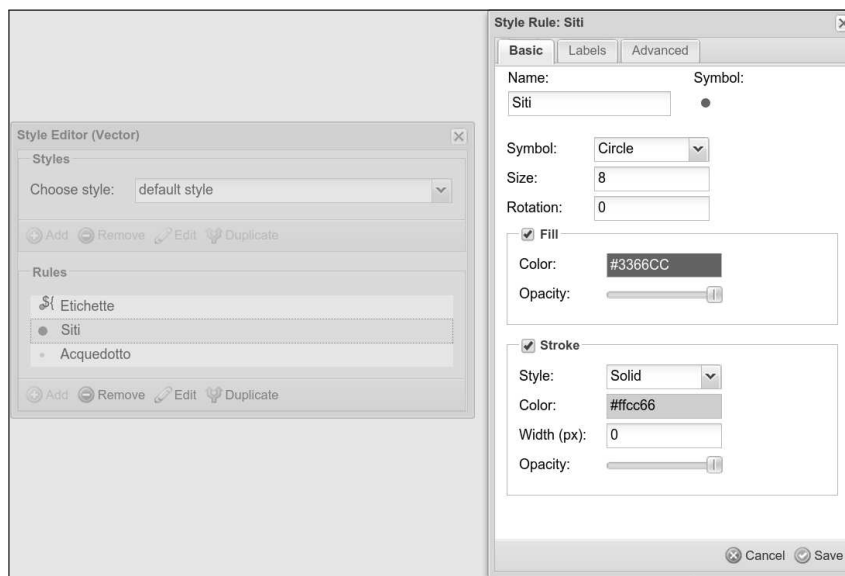


Figura 9.20: *Styling* di un *layer*

Stampa

La funzionalità di stampa è implementata attraverso l'uso di *MapFish Print*³⁹. Programma *Open Source* scritto in *Java* funzionante attraverso il *servlet Apache Tomcat*. Questo permette di esportare in formato pdf i *layers* che si stanno visualizzando in quel determinato momento, scegliere i confini della zona da stampare e il formato di carta sul quale stampare (A3 o A4).

Il sistema è facilmente installabile e configurabile, in particolare esiste un singolo file di configurazione (.yaml) all'interno del quale si trovano le informazioni riguardanti i *layouts* di stampa, le scale e i DPI ai quali sarà possibile stampare e gli indirizzi IP che possono accedere al servizio. Il risultato è visibile in figura 9.21.

³⁹<http://www.mapfish.org/doc/print/>

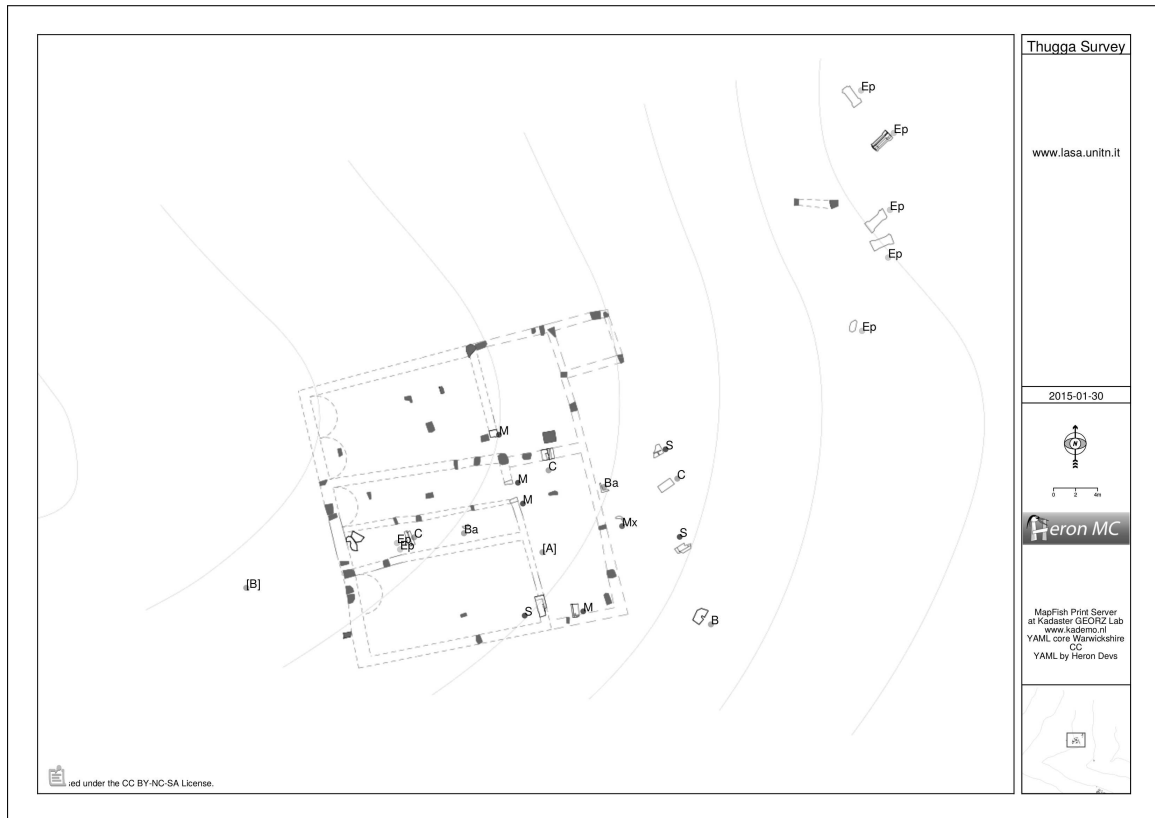


Figura 9.21: Stampa del sito DU034 dall'applicazione di *web mapping*

Download dei dati

L'ultima funzionalità che si descriverà è quella della possibilità di *download* dei dati (fig. 9.22). Se questa era già disponibile con la consultazione del *database* tramite il sito, essa non prevedeva però il *download* della parte spaziale dei dati. Tramite l'applicazione di *webmapping* è invece possibile scaricare la totalità di un *layer* oppure una sua parte, filtrata attraverso il sistema di ricerca descritto poc'anzi, in formati, il GML o GeoJSON che mantengono anche questa informazione e sono leggibili da tutti i programmi GIS

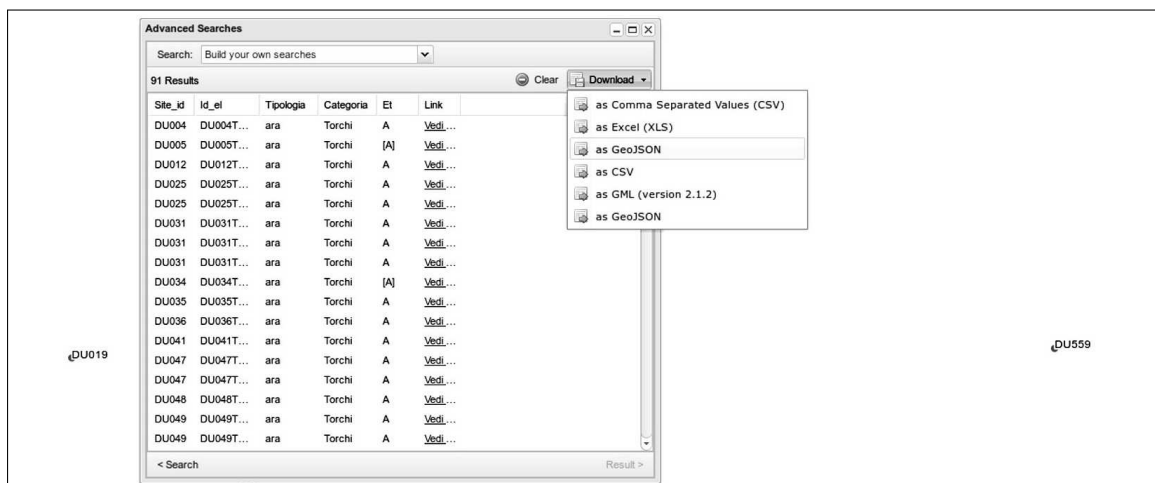


Figura 9.22: Funzionalità di *download*

9.3.3 Gestione dei dati cartografici

Dati Vettoriali

I dati vettoriali sono interamente gestiti all'interno del *database* PostgreSQL/PostGIS. All'interno di questo si effettuano le conversioni di EPSG necessarie per la visualizzazione via *web*, creando una copia della tabella originale utilizzando solo le colonne necessarie, velocizzando quindi il trasferimento dell'informazione sia in riferimento alla dimensione del *file* sia evitando una conversione *on the fly* della geometria. Questo è possibile solo in quanto, come detto, il *database* presente sul *server* è solo una copia di quello originale aggiornato all'interno del laboratorio in quanto non vi è la possibilità di aggiornare i dati via *web*. Naturalmente qualora questa necessità dovesse presentarsi sarebbe facilmente attuabile sostituendo a queste tabelle delle viste⁴⁰.

Se PostGIS si occupa della gestione dei dati la loro presentazione dei dati è invece affidata a Geoserver che si occupa di questo attraverso due *standard*, il WMS e il WFS, il primo è utilizzato soprattutto all'interno del sito, mentre il secondo è sfruttato all'interno dell'applicazione di *Webmapping*. Questo è dovuto ai diversi vantaggi e svantaggi che i due sistemi offrono. Si è già parlato delle loro caratteristiche tecniche ma non delle loro applicazioni pratiche.

WFS Per quanto riguarda il WFS, dal proprio *software* GIS è possibile disporre dei *layer* vettoriali nel loro formato nativo (il *server* invia al *client* tutte le informazioni relative alle coordinate delle geometrie degli oggetti del *layer*), per questo è possibile accedere anche alle informazioni alfanumeriche in essi contenuti (di conseguenza è possibile fare delle *query*) e scaricare i dati sul proprio *computer* in formati diversi (SHP, dxf, GML). I dati forniti attraverso questo standard sono dunque utili in caso si debbano effettuare operazioni di tipo GIS come lo *styling*, la modifica o la richiesta di informazioni sulla geometria. Lo svantaggio di questo sistema è che è però piuttosto pesante, infatti i dati richiesti devono essere scaricati interamente e nel caso essi siano particolarmente numerosi l'operazione può richiedere molto tempo.

WMS Il WMS al contrario ha meno problemi di dimensioni del dato da inviare in quanto esso consiste unicamente in una rappresentazione delle geometrie richieste. Dunque indipendentemente da quante esse siano il *server* invierà al *client* unicamente un'immagine la cui dimensione varierà solo minimamente in relazione al numero di elementi in essa rappresentati. Gli svantaggi però di questo sistema sono notevoli, in primo luogo il tipo di rappresentazione è deciso a livello *server* e non potrà essere modificato dall'utente. In secondo luogo, se è vero che l'invio di una singola immagine può essere meno impattante in termini di banda occupata, l'utilizzo ripetuto di un *layer* di questo tipo, con *zooms* e spostamenti finirà in definitiva per essere più impattante di quanto non sarebbe stato scaricare una sola volta il *layer* WFS. Infine è da segnalare che il processo di generazione delle immagini è un processo che può avere effetti anche rilevanti sulle prestazioni generali del sistema⁴¹.

⁴⁰Una vista in un *database*, è rappresentata da una *query* (*SELECT*), il cui risultato può essere utilizzato come se fosse una tabella.

⁴¹Per risolvere questo problema è possibile in *Geoserver*, attraverso l'estensione *GeoWebCache* generare una sola volta tutte le immagini possibili per ogni *layer* ad ogni risoluzione salvandole sull'*hard disk*. In questo modo non è più necessario generarle ad ogni richiesta. Gli svantaggi di questa pratica sono però la quantità di spazio su disco occupata e la necessità di rigenerare le immagini ogni volta che il *layer* subisce un aggiornamento.

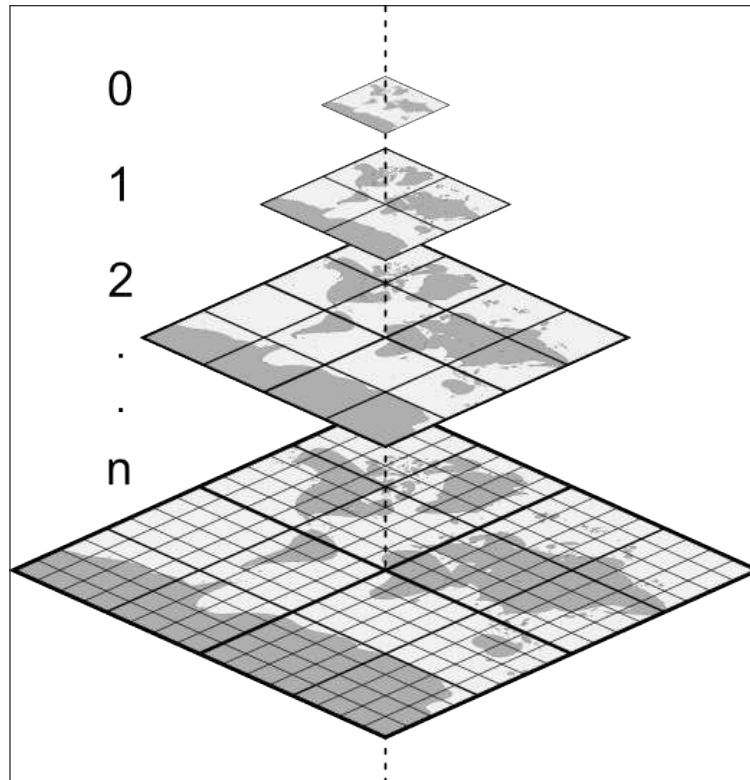


Figura 9.23: *Tiles* (da <http://data.webglearth.com>)

Si è visto dunque che la scelta di quale sistema utilizzare deve essere valutata caso per caso a seconda del tipo di dato e del tipo di utilizzo che si intende farne.

Dati Raster

Nella categoria dati *raster* rientra in primo luogo la cartografia, nello specifico la carta topografica al 25000 e l'*Atlas Archéologique de la Tunisie*.

In maniera che si potrebbe definire derivata rientra la categoria dei rilievi, infatti il dato di partenza sarebbe naturalmente di tipo vettoriale, ma la conversione è stata necessaria per garantire una maggiore velocità al sistema. L'utilizzo di una mole di dati vettoriali di questa consistenza avrebbe reso il sistema molto pesante, probabilmente inservibile, sia a livello *server* quanto a livello *client*.

La soluzione più adeguata per far fronte all'esigenza di velocità della fruizione *web* della cartografia è l'utilizzo di un *tile server*. Con questo termine si intende, per essere chiari, il sistema utilizzato tra gli altri da *OpenStreetMap* o *Google Map* ossia quello di ridurre i dati cartografici *raster* ad un grande numero di piccole *tiles*, generalmente della dimensione di 256 *pixels* che vengono inviati dal *server* al *client* in base ad un numero predefinito di *zooms*, che vanno dal livello 0 nel quale tutta la superficie terrestre è rappresentata all'interno di una singola *tile* al livello 1 in cui le *tiles* sono 4 così via fino ad arrivare ad un livello di zoom adeguato a rappresentare i dati necessari. Naturalmente un sistema di questo tipo porta ad avere una mole di dati esponenzialmente più rilevante man mano che si raggiungono livelli di *zoom* più elevati, ad un livello di zoom di 17 al quale la risoluzione delle *tiles* è di 1,20 metri⁴² il numero delle *tiles* necessarie a rappresentare l'intero pianeta a quel livello di zoom

⁴²Per risoluzione si intende la grandezza, in dimensioni reali, del territorio descritto un *pixel*, in questo caso 1 *pixel* descrive 1.2 metri quadrati.

è di 4^{17} ossia più di 17 miliardi ai quali va sommato il numero di *tiles* di tutti i livelli di zoom precedenti. Con questo sistema di fatto si deve avere a disposizione un *raster* per ognuno dei livelli di *zoom* che si decide di rendere disponibile all'utente finale (per di più suddiviso in moltissimi piccoli pezzi) aumentando quindi notevolmente la quantità di spazio su disco utilizzato dalla cartografia *raster*, soprattutto se si utilizzano livelli di *zoom* elevati.

Nonostante questo fatto che potrebbe sembrare un notevole problema, questo sistema è ormai diventato lo *standard* per la divulgazione tramite *web* di dati cartografici *raster* e questo per tre motivi:

- Le mappe basate sulle *tiles* vengono salvate dal *client* in maniera efficiente. Se si scaricano quelle relative ad una zona queste possono essere riutilizzate per una visualizzazione successiva senza la necessità di scaricarle nuovamente. In questo modo si riduce il lavoro del *server* e si velocizza la visualizzazione del *client*.
- Le mappe basate sulle *tiles* si caricano progressivamente. Non è dunque necessario attendere che tutta la mappa sia scaricata prima di muoversi all'interno della stessa attraverso *zooms* o spostamenti.
- Le mappe basate sulle *tiles* sono molto semplici da usare. Il sistema di coordinate che le descrive è molto chiaro rendendo semplice utilizzarle per le più svariate applicazioni, *server*, *desktop* o mobili.

In generale il sistema è dunque molto efficiente ma il problema della necessità di un'enorme quantità di spazio su disco, che per progetti con grandi possibilità economiche non è un fattore limitante, ma per un piccolo sito con risorse *hardware* molto limitate come quello in questione il problema è reale. Ci sono quindi da fare delle importanti precisazioni, in primo luogo la zona di interesse è molto ridotta e quindi, almeno per quanto riguarda la cartografia generale per la quale è utile un livello di *zoom* massimo di 17, il numero di *tiles* necessarie è decisamente ridotto, non comportando quindi nessun problema. Per quanto riguarda i rilievi invece il problema è completamente diverso, infatti perché questi possano risultare fruibili in maniera soddisfacente il livello di *zoom* deve essere molto alto, almeno 20 per comprendere in maniera chiara la planimetria del sito e 22 per cogliere i dettagli degli elementi rilevati. Come fatto notare in precedenza, man mano che aumenta il livello di *zoom* aumenta esponenzialmente il numero di *tiles* necessarie e quindi a livello 22, anche per una porzione di territorio molto ridotta il loro numero diventa molto alto, circa 12 milioni. Numeri di questo tipo sono difficilmente gestibili con le risorse a disposizione per diversi motivi. Oltre allo spazio su disco la stessa gestione dei *files* risulta complicata, anche e non solo, per lo stesso caricamento dei *files* sul *server*. Per questo motivo è necessario utilizzare un sistema efficiente per la gestione di questi *files*.

MBtiles La soluzione è un tipo file denominato MBtiles che consiste in un *database* SQLite che include all'interno di un singolo *file* tutte le *tiles* generate e può essere quindi di volta in volta interrogato dal *server* per richiedere quelle necessarie. I suoi vantaggi però non si limitano alla riduzione di tutte le *tiles* all'interno di un unico file. Questo sistema dà, nel caso in questione, la possibilità di ridurre in maniera significativa il numero di *tiles* necessarie. Un *database* può infatti, nel caso ci siano *tiles* identiche, averne in memoria una sola e poi rimandare alla stessa ogni volta che sia necessario. Perché ciò sia utile è necessario un presupposto fondamentale, nei dati di partenza devono esserci ampie porzioni di territorio identiche. Il caso più chiaro in cui questo può avvenire a livello globale è il mare, essendo la superficie terrestre coperta per il 70% da acqua ed essendo questa spesso non descritta cartograficamente (ad eccezione delle carte in cui si mappano i fondali oceanici) le *tiles* che

rappresentano le zone coperte d'acqua sono numerosissime e completamente identiche. Con gli MBtiles è possibile quindi descrivere il circa 70% del globo con una singola *tile* di 256 pixel con un risparmio enorme in termini di risorse. Nel caso in questione, la carta dei rilievi, le parti identiche sono invece le parti vuote, quelle in cui i dati sono assenti. Infatti, benché il paesaggio archeologico della zona di *Thugga* sia eccezionalmente conservato, la maggiorparte del territorio risulta vuoto e quindi descrivibile con una singola *tile* bianca o trasparente. Questa soluzione ha dunque reso possibile l'utilizzo della tecnica delle *tiles* anche per il *layer* rilievi, ottenendo dunque il risultato di una visualizzazione dei dati molto veloce con un utilizzo di risorse piuttosto limitato.

Il *software* utilizzato per creare questo file è *TileMill*. Esso è in grado di leggere direttamente i dati, serviti da *PostGIS* e, attraverso un sistema di *styling* basato sul linguaggio *CartoCSS*, generare un file *.MBtiles*, direttamente utilizzabile dal *tile server*. Per questo scopo è stato invece utilizzato *Tilestream*, sviluppato dalla stessa società di *TileMill*, *MapBox inc.*

9.4 Lo stato del progetto e il futuro

Come si è visto in questo capitolo il progetto è nato inizialmente come strumento di lavoro e le funzionalità implementate rispondono dunque in primo luogo alle necessità che via via si sono presentate durante il lavoro. Ciononostante il sistema sarebbe facilmente modificabile per renderlo uno strumento adatto alla comunicazione e condivisione dei dati in esso contenuti.

Open Data e Open Source Lo sviluppo del webGIS passa attraverso lo sviluppo di un nuovo concetto di intendere i *softwares* legati ai fini della ricerca, quello dell'utilizzo dell'*Open Source*. Il processo di conversione è ritenuto una necessità fondamentale e riscontrato già in atto in molte realtà. L'*Open Source* offre non solo un sistema gratuito, ma un nuovo modo di intendere la ricerca, dove i programmi possono essere adattati *ad hoc* alle esigenze di contenuto ed informazione peculiari dell'archeologia⁴³. Tra le ragioni principali che limitano la diffusione di molti strumenti vi è infatti il costo della licenza e l'impossibilità di adattare il codice⁴⁴. La prima è probabilmente molto più rilevante della seconda, dal momento che quest'ultima è una possibilità che per essere sfruttata presuppone conoscenze di programmazione di alto livello che naturalmente non si trovano tra le competenze degli archeologici.

Open Source e *Open Data* offrono un nuovo scenario, fatto di progetti con costi più ridotti, di scambi interdisciplinari e soprattutto un confronto anche in tempo reale, con enormi potenzialità legate allo scambio di idee e sviluppo di nuove metodologie⁴⁵. Una volta interiorizzata la filosofia, ma anche acquisito le metodologie e gli strumenti dell'*Open Source*, arrivare all'*Open Data* è un passo naturale, anche se non privo di difficoltà. Gli sviluppi tecnologici e gli applicativi di strumenti informatici all'archeologia più recenti, anche con svolte molto innovative e che hanno dato un notevole sviluppo alle possibilità di ricerca, partono da contributi dell'*Open Software*.

⁴³Pescarin 2009, p. 11.

⁴⁴Verhagen 2012, p. 318.

⁴⁵Pescarin 2006, p. 152.

Progetti di webGIS e di condivisione dei dati si sono moltiplicati negli ultimi anni. Già nel 1998 vengono censite da Djindjian 150 esperienze di webGIS e circa 400 quelle in sperimentazione⁴⁶. E' in questi anni che nasce la prima vera esperienza di un'applicazione *web* archeologica di condivisione dei dati con l'ausilio di *standard* internazionali⁴⁷. Molti di questi progetti sono stati successivamente abbandonati o non più aggiornati⁴⁸. Ciò è dovuto a fattori diversi caso per caso. Senza dubbio però la perdita di interesse con conseguente mancanza di aggiornamenti, la cosiddetta "morte contenutistica"⁴⁹, sono la causa principale di questi insuccessi.

Il futuro di questo particolare progetto non è certo, dal momento che per poter passare da strumento di lavoro ad effettivo strumento di comunicazione devono essere superati, come si è visto, ostacoli non solo di carattere prettamente tecnico-informatico. Infatti i problemi legati a licenze e possibilità di pubblicare *online* i risultati delle proprie ricerche sono elementi che non sempre sono legati alla ritrosia del ricercatore riguardo a questo tipo di condivisione completa del dato archeologico ma possono essere altresì legati a vincoli burocratici che devono essere rispettati.

⁴⁶Djindjian 1998.

⁴⁷I. Johnson 1998, p. 91.

⁴⁸Marras 2013, pp. 121-2.

⁴⁹Noti 2012, p. 93.

10

CONCLUSIONI

Questo lavoro si è concentrato sullo studio dei modelli insediativi di una tipologia di siti definita in funzione della loro attività produttiva attestata con sicurezza, ossia la produzione di olio. Ci si è basati sul presupposto, riconosciuto da molti autori, che la costruzione di una pressa del tipo attestato nelle due ricognizioni, fosse un investimento consistente e dunque non destinato unicamente all'autoconsumo. All'interno di questo gruppo si trovano però siti con caratteristiche tipologiche differenti, si va infatti dalla piccola fattoria ad insediamenti più complessi che in alcuni casi potrebbero essere definiti *villae*, fino agli agglomerati e ai siti urbani. Esclusi gli ultimi due, le cui scelte insediative non possono essere ritenute influenzate in maniera sostanziale da questa loro funzione produttiva, il gruppo che rimane è stato considerato in maniera unitaria. La scelta di riunire sotto un'unica tipologia siti così differenti è stata dettata da due vincoli:

1. Lo stato di conservazione non sempre ottimale che spesso non permette di assegnare un dato insediamento ad una o ad un'altra tipologia
2. La necessità di non restringere troppo il numero di siti su cui effettuare le analisi

In particolare per quanto riguarda la seconda il rischio era anche quello di commettere errori nell'interpretazione e dunque di escludere siti che non avrebbero dovuto esserlo o viceversa. Come si è visto però il numero dei piccoli insediamenti che possono essere interpretati come semplici fattorie è molto più alto degli altri e dunque ha avuto maggiore influenza sui risultati delle analisi.

Una questione non risolta completamente, ossia l'identificazione del tipo di produzione di queste presse, se olio oppure vino, potrebbe anch'essa aver influito sui risultati. La soluzione di questo problema sembra però essere più orientata verso la prima risposta che non verso la seconda.

La tipologia delle presse, il mancato rinvenimento di pigiatoi se non in alcuni casi nelle presse rupestri o a *Ksar Laatach*, in zone comunque al di fuori dei limiti geografici di questo studio, l'alto numero di macine nel *PNEK Survey* ed infine il clima che benché non proibitivo per la coltivazione della vigna risulta sicuramente più favorevole all'olivicoltura. Questi gli elementi che sembrano confermare l'ipotesi di una produzione principalmente olearia. La vigna era certamente coltivata, come è attestato anche dall'iscrizione di *Aïn Djemala*. Sicuramente alcune presse potevano funzionare anche a questo scopo, infatti i periodi di raccolta di questi due frutti sono separati da alcuni mesi. Probabilmente però il prodotto

principale, quello cioè che giustificava la costruzione di un numero così elevato di presse in vista dei ricavi provenienti dall'esportazione e naturalmente dal mercato interno era più probabilmente l'olio. Una produzione intensiva di vino infatti avrebbe dovuto lasciare almeno qualche *calcatorium* in condizioni tali da essere riconosciuto¹.

In base a queste considerazioni si è ritenuto corretto considerare nelle analisi la produzione di olio come quella principale, quella cioè in grado di modificare le scelte insediative. D'altra parte non ci si sarebbe potuti comportare in maniera differente dal momento che non è possibile distinguere le presse dedicate all'olio da quelle per il vino.

Si è cercato, nei limiti dettati dalla disponibilità dei dati, di confrontare i modelli insediativi di due ricognizioni coordinate dallo stesso gruppo di ricerca con metodologie simili. Elemento questo che è essenziale, in quanto solo ricognizioni che applicano una simile strategia di indagine possono essere comparate². I territori indagati sono piuttosto vicini l'uno all'altro, ma hanno notevoli differenze a livello geografico e geomorfologico. Si tratta infatti in un caso di un territorio costiero, caratterizzato da valli di piccole dimensioni e poche pianure, mentre l'altro si trova nell'entroterra ed è un territorio collinare con valli ampie e la grande pianura dell'*oued Kahlled*. Hanno avuto inoltre una storia sia antica che recente decisamente differente. La zona indagata dal *Thugga Survey* in antichità era occupata da un fitto sistema di insediamenti a carattere urbano (*pertica* di Cartagine) che invece sono molto più radi nelle vicinanze del *PNEK Survey* (territorio di *Thabraca*). Anche oggi d'altra parte il primo è molto più antropizzato del secondo e ciò si ripercuote sullo stato di conservazione del suo patrimonio archeologico. A questo e ad altri aspetti si può mettere in relazione l'eccezionale densità di presse per km² rinvenute nel territorio indagato in Algeria, un tipo di ambiente che non favorisce la coltivazione, in maniera intensiva, dei cereali se non, probabilmente, quelli necessari all'autoconsumo. I versanti delle valli devono essersi dunque coperti di oliveti. Anche la vicinanza del mare e dei porti deve avere invece avuto un ruolo importante nel vivacizzare un tipo di coltivazione come l'olivo che poteva fornire buoni guadagni attraverso l'esportazione, che non dovevano tra l'altro essere ridotti dai costosi trasporti via terra.

Cercare di comprendere se in due territori così differenti le modalità insediative divergono in maniera significativa oppure si assomiglino è stato uno dei principali aspetti a cui ci si è interessati.

10.1 Analisi comparative

Le analisi statistiche in questo lavoro possono aiutare a confrontare i modelli insediativi, le differenze e le similitudini, ma non possono ovviamente raccontare in maniera esaustiva la storia dei territori indagati. Non si tratta dunque di un lavoro alternativo alle modalità classiche di interpretazione ma piuttosto di un modello che dovrebbe andare ad integrarsi a queste.

Le tipologie di analisi statistiche frequentemente utilizzate in archeologia ed in particolar modo in archeologia dei paesaggi sono spesso basate sul comprendere le modalità di interazione tra l'uomo e l'ambiente che lo circonda. Le modalità in cui ciò può essere realizzato sono legate ormai da decenni al G.I.S. ossia alla gestione informatizzata di dati spaziali e attributi alfanumerici tra loro collegati. Più che il *software* in sé, che può variare a seconda di molti fattori, è importante invece considerare i dati di partenza che verranno poi utilizzati e come questi sono immagazzinati nel sistema informatizzato. Il tipo *raster*, quello che è stato maggiormente utilizzato, consiste in una serie di celle a cui viene assegnato un valore che

¹Tuttavia vi è sempre la possibilità che fossero in materiale deperibile.

²Terrenato 2004, p. 38.

rappresenta un attributo del paesaggio, che può essere l'altitudine, la pendenza ecc. Risulta evidente che ciò comporti di fatto una rappresentazione più o meno semplificata del paesaggio a seconda della dimensione della cella, questa però può avere influenza anche sulla porzione di territorio che viene considerata come occupata da un sito. Questo fattore risulta quindi decisivo nel determinare il successo delle analisi è stato dunque affrontato con grande cautela testando diverse alternative.

Le modalità di immagazzinamento dei dati hanno influenza anche sulle loro possibilità di utilizzo. Il *raster* che condiziona maggiormente i risultati è quello del modello del terreno, dal quale vengono estratte direttamente o indirettamente molte delle variabili. È evidente però che alcune caratteristiche siano più facilmente quantificabili di altre, l'esempio più scontato è quello relativo ai "condizionamenti culturali", la loro natura, in particolar modo se si parla di società antiche, spesso sfugge alla comprensione e ciò si traduce nel dare precedenza nelle analisi a caratteristiche più certe come quelle ambientali. Ciò ha quindi portato spesso a criticare questi modelli indicandoli come viziati da determinismo geografico e dunque sostanzialmente inutili o addirittura dannosi. Ritenere che le variabili ambientali non abbiano influenze sul comportamento umano è però errato tanto quanto l'eccesso opposto di un determinismo geografico estremo. Non tutte le decisioni umane possono essere descritte in funzione della geomorfologia ma è ovvio che questa debba avere avuto un suo peso.

La *rank size analysis* ha indicato per la zona del *Thugga Survey* una, seppure lieve, tendenza all'integrazione. Questo risultato sorprende per due motivi, in primo luogo il fatto che il sistema studiato doveva probabilmente fare parte di uno molto più ampio. Il secondo risiede nell'eccezionale numero di siti a carattere urbano presenti in un territorio così ridotto. Ci si aspettava che questi due aspetti influissero maggiormente portando il risultato verso un modello molto meno integrato e più convesso. La difficoltà nel definire i limiti certi di alcuni insediamenti può avere in realtà avuto una qualche influenza su questo risultato.

La *nearest neighbour analysis* per il *Thugga Survey* ha indicato una tendenza alla concentrazione in alcune aree geografiche a disporsi in maniera apparentemente casuale ossia non regolare sulle piccole distanze. Questo tipo di disposizione, che si definisce casuale solamente in relazione alla distanza dagli altri siti che dunque possono presentarsi molto vicini come molto lontani tra loro, rafforza l'idea di un modello di insediamento vincolato a grande scala da una generale preferenza per alcune aree rispetto ad altre mentre a piccola scala da altri fattori che sono stati ricercati con le analisi successive.

I risultati del modello predittivo di una correttezza nei risultati tra il 70 e l'80%, che sembra essere il limite oltre cui questo tipo di analisi non riesca ad andare, possono trovare alcune spiegazioni differenti.

In primo luogo si deve considerare la componente di discrezionalità umana che non è stato possibile includere all'interno di questi modelli. Le cosiddette variabili culturali che sono state utilizzate nel corso della modellazione predittiva, già dall'inizio poco numerose, si sono rivelate infatti non decisive all'interno dell'analisi multivariata. Ciò può essere dovuto al fatto che queste possano variare il loro ruolo in maniera molto più rapida di quanto non facciano quelle ambientali. Una strada senza una costante manutenzione anche per pochi anni perde completamente la sua funzione e dunque la sua capacità di influenzare le scelte insediative. Questo è tanto più vero considerando che un *oued* può compromettere una strada anche in una sola stagione invernale. Il territorio del *Thugga Survey* è infatti particolarmente soggetto all'erosione e la manutenzione delle strade è ancora oggi un problema costante.

Nel periodo dei circa cinque secoli considerati, anche il ruolo delle città deve essere variato in maniera significativa, alcune città minori, benché in qualche forma l'occupazione si sia in tutti i casi rivelata continua, potrebbero avere anche perso un effettivo ruolo di centro urbano

tra l'età vandala e quella bizantina. Queste variazioni sono però in primo luogo difficili da individuare ed inoltre sarebbero comunque cronologicamente impercettibili senza uno scavo estensivo. Per questo motivo non è stato possibile considerarle nel corso della modellazione ma devono essere ritenute uno dei possibili fattori a causare la loro non rilevanza nel modello.

Potrebbero quindi essere spiegate anche in quest'ottica il 20-30% di predizioni scorrette, nell'incapacità, in primo luogo di conoscere e in seguito di utilizzare tutta la serie di vincoli culturali che dovevano condizionare le scelte insediative.

Le variabili ambientali al contrario tendono ad essere molto più stabili, eccezion fatta per gli eventi catastrofici, e sono dunque molto più facili da valutare in analisi strutturate in questa maniera. Si aggiunga a ciò la tendenza alla conservazione tipica delle società antiche in particolare di quelle rurali. È dunque molto probabile che i rapporti uomo-ambiente, o in questo caso è più corretto parlare di rapporti tra siti e variabili ambientali, siano rimasti in questi secoli tendenzialmente più stabili di quanto abbiano fatto quelle uomo-variabili culturali.

La seconda questione da analizzare è cosa predicono effettivamente questi modelli. Nel caso in questione sembra che prevalentemente essi indichino un terreno adatto alla costruzione e in maniera secondaria, ma tuttavia importante, una disposizione più generale dell'insediamento vincolata per lo più dalla distanza delle sorgenti, principale fonte d'acqua potabile della zona. Proprio questo fattore risulta essere con ogni probabilità quello determinante nell'ottenere buoni risultati di predittività in entrambi i casi, nonostante le sostanziali differenze tra i due territori indagati. Applicando lo stesso modello in una zona dove le sorgenti non ricoprono un ruolo così importante verosimilmente la percentuale di predizioni corrette subirebbe una certa diminuzione.

Il limite di questo modello sta probabilmente nel considerare un numero tutto sommato limitato di variabili che non possono essere però sicuramente tutte quelle che dovevano essere quelle valutate in antico, ciò però è un limite intrinseco al tipo di analisi, si cerca infatti di definire un modello che dia i risultati migliori, il maggior numero di siti individuati correttamente, si individuano dunque le variabili più importanti, ma non è possibile che esso includa tutti i casi possibili.

L'analisi più approfondita dei casi eccezionali, ossia i siti che vengono rilevati in zone a bassa predittività, può essere molto utile per comprendere meglio le motivazioni di queste differenze. Allo stesso modo, analizzare le zone ritenute ad alta probabilità, ma non occupate da siti può confermare le ipotesi relative a fattori post-deposizionali che hanno danneggiato la preservazione del paesaggio archeologico, come nel caso della zona ad ovest di *Thibursicum Bure* nel *Thugga Survey*, oggi *TébourSouk* la città più grande del territorio indagato, o la zona di *El Aioun* e i suoi dintorni nel *PNEK Survey*.

Come si è ricordato più volte nel corso della Tesi le analisi statistiche devono essere viste non come fini a sé stesse ed in grado di fornire spiegazioni numeriche a domande storiche ma come uno strumento che può fornire spunti interpretativi o aiutare a confermare o smentire ipotesi il tutto con il supporto di dati numerici.

In questo senso può essere vista la capacità del modello di individuare in maniera piuttosto coerente nel territorio del *PNEK Survey* le zone di clusterizzazione nella zona più a nord nonostante le considerazioni fatte sopra. Le ipotesi più probabili per spiegare questo comportamento così differente dalle altre zone erano motivazioni di tipo ambientale o difensivo. I risultati del modello predittivo appoggiano quindi l'ipotesi che questi raggruppamenti siano da mettere in relazione più alla prima di queste ipotesi, in questo caso in particolare alla presenza di sorgenti e a un tipo di terreno adatto alla costruzione, che alla seconda. Questa tuttavia non può essere totalmente esclusa se si pensa soprattutto alla vicinanza al mare di questi territori e ai conseguenti pericoli che potevano giungere da esso, od anche ai *mangones*

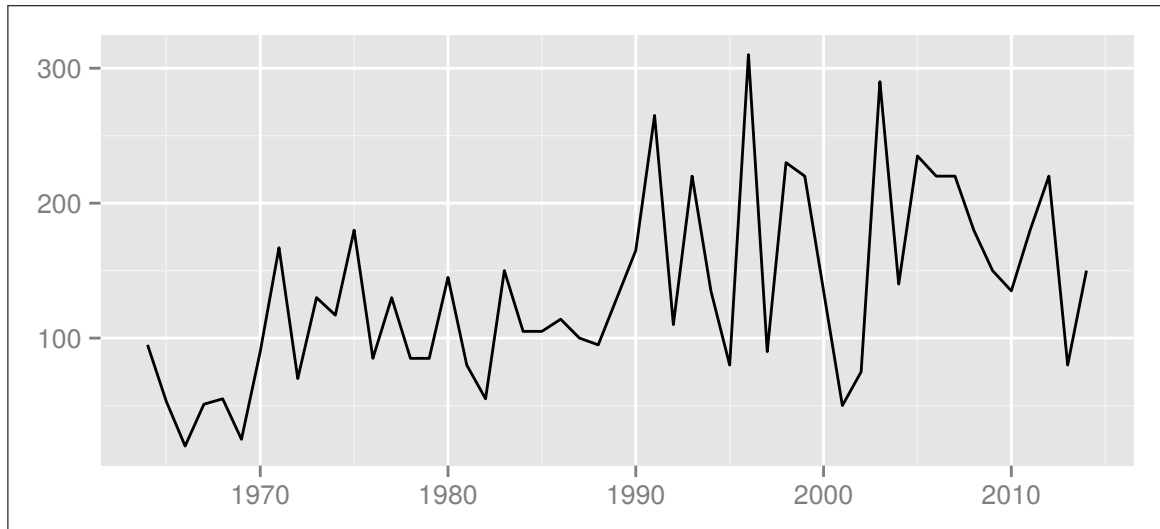


Figura 10.1: Produzione olio in Tunisia (1964-2013), (dati <http://www.indexmundi.com/>)

descritti da Agostino³ come una piaga che portava allo spopolamento delle campagne. Mercanti di schiavi Galati acquistavano uomini liberi per poi rivenderli oltremare, la loro presenza aveva quindi portato alla proliferazione di bande che attaccavano e rapivano gli abitanti di località rurali isolate per venderli a questi mercanti.

Un ultimo fattore che può spiegare i siti non riconosciuti dal modello è quello del territorio di pertinenza. Infatti l'installazione di una pressa doveva necessariamente tenere conto di questo fattore, del territorio cioè sul quale si sarebbe coltivato il prodotto da trasformare. Questo problema è stato affrontato attraverso la tecnica definita *Multi Criteria Evaluation* e in base ai test effettuati si è confermata come una variabile valida nell'influenzare il modello di insediamento. Tuttavia, a causa di limiti tecnici derivati dal tipo di dato in questione, non è stato possibile effettuare il passaggio successivo, inserendola tra le variabili considerate dal modello predittivo, verificando se essa aumentasse o diminuisse le capacità dello stesso di predire la posizione dei siti con pressa.

10.2 Stime di produttività

Le stime di produttività sono state portate avanti in questa sede solo per quanto riguarda la zona del *Thugga Survey* in quanto funzionali alla ricostruzione del territorio di pertinenza di ogni sito effettuata con il fine di verificare il modello MCE. Quest'ultimo a causa della mancanza di alcuni dati, non è stato per il momento effettuato per la zona indagata in Algeria.

Più che una stima più o meno realistica della reale produttività di questa regione durante l'antichità, che come si è visto è soggetta a molte variabili che potrebbero minarne l'attendibilità, si è cercato durante questo lavoro di concentrarsi soprattutto sui rapporti proporzionali. D'altra parte è difficile stimare anche la produttività attuale di una nazione, basta osservare le statistiche di produzione di olio di un qualsiasi Paese per verificare quanto queste possano oscillare in maniera drastica (fig. 10.1), in parte a causa della produzione biennale degli olivi ma evidentemente anche in seguito ad altri fattori come clima, parassiti, malattie etc.

³Agostino, *epis.* 10* [280] (http://www.augustinus.it/latino/lettere/lettera_290_testo.htm).

Il fine principale era inizialmente quello di una verifica dell' idoneità del territorio pertinente ad ogni sito, definendolo in base su "peso produttivo". Analizzando infatti in percentuale questa produttività si eliminano alcuni dei fattori di errore e dunque si può ragionare su dati più sicuri. In questo senso si sono analizzate le dimensioni dei territori e la distribuzione della produttività tra siti rurali ed urbani. In altri casi invece ci si è spinti decisamente più in là come con la comparazione tra la situazione antica e quella moderna, che può fornire spunti interpretativi interessanti ma che ci si rende conto può essere anche soggetta ad un alto margine di errore potenziale.

Le stime di produttività risultano essere piuttosto elevate, ma d'altra parte sono bilanciate da una corrispettiva resa di olive per albero e di olio per kg di olive anch'esse tendenzialmente più alte della media di altre fonti⁴. In questo modo il terreno coltivato risulta essere assolutamente plausibile in tutte le ipotesi effettuate non superando il terzo di territorio disponibile nemmeno nell'ipotesi che propone l'estensione maggiore.

10.3 WebGis

Le ricerche svolte per la realizzazione dell'applicazione di *webmapping* implementato in questo lavoro di Tesi, hanno affrontato il problema della creazione di un supporto informatico che permetta la gestione e la condivisione di dati archeologici. Si mettono a disposizione informazioni spaziali e archeologiche di diverso genere: dati vettoriali e dati *raster*, dati conservati in un *database* e dati archiviati nell'*hard disk* (come le immagini).

Allo stato attuale, l'applicativo è già disponibile in rete e può essere raggiunto all'indirizzo <http://X.XXX.XXX.XX/thuggasurvey> ma non è ancora in una fase sufficientemente avanzata per essere reso pubblico, in quanto è stato creato per il momento per essere utilizzato prettamente come strumento di lavoro.

L'importanza della condivisione del dato grezzo per rendere possibile un reale confronto tra i dati provenienti da ricognizioni diverse si è reso evidente durante il capitolo dell'analisi dei risultati degli altri *surveys*. Una pubblicazione cartacea non è sufficiente per poter riutilizzare agevolmente i dati, che dovrebbero essere prima convertiti con il rischio di errori durante il processo di digitalizzazione. Uno dei principi fondamentali dell'*open data* è appunto quello che i dati devono essere forniti in un formato *machine readable*. Inoltre poter utilizzare solamente i dati interpretati porta ad una limitazione nella possibilità offerta al lettore di poter verificare o reinterpretare i dati proponendo una soluzione differente.

La possibilità di pubblicare *on-line* i dati evita anche il problema di scala nella cartografia dove è l'autore a decidere cosa mostrare e cosa no, rendere i dati primari disponibili eviterebbe questo problema. Non è però sufficiente semplicemente mettere i dati *online* in blocco, è necessario comunque fornire anche una parte interpretativa, nessuna descrizione può sopperire all'esperienza diretta della ricognizione che ha chi quei dati li ha raccolti, spetta dunque a lui interpretarli per primo⁵.

Entrambe le tipologie di dato dovrebbero essere fornite, quella grezza per poter utilizzare i dati in nuove ricerche e quella interpretata per poterli comprendere meglio. Infatti se avere a disposizione solo l'interpretazione dei dati è una limitazione nella possibilità di confronto, avere solo la lista dei siti e una breve descrizione, è naturalmente ancora più limitante, per questo motivo ci si è trovati nella necessità di escludere alcune ricognizioni dalle valutazioni fatte in quel capitolo. È dunque fondamentale poter avere a disposizione entrambi i tipi di dati, per poter effettuare un confronto più significativo tra territori. Ciò che si è cercato di

⁴Cfr. Amouretti e J.-P. Brun 1993, pp. 554-5.

⁵Mattingly e Hitchner 2004, p. 177.

fare con questa tesi è appunto questo, utilizzare due ricognizioni di cui si aveva a disposizione tutta la documentazione e cercare di confrontarli utilizzando questa possibilità.

Gli *standard* OGC sono probabilmente una delle vie da percorrere per rendere i dati utilizzabili dagli utenti più avanzati. La possibilità di ottenere direttamente dal *server* i dati più aggiornati e poterli aggiungere come un qualsiasi altro *layer* all'interno di un *software* G.I.S., con sempre la possibilità di salvarli in locale per un utilizzo anche *offline*, è la loro caratteristica più interessante. Allo stesso modo essi permettono di essere aggiunti ad altre applicazioni di *webmapping* esterne al progetto e ciò li rende più utili della semplice possibilità di scaricare i dati.

In futuro uno degli aspetti che meriterebbe di essere affrontato è sicuramente quello dei *Linked Open Data*, che in breve consiste non solo nel rendere disponibili i dati ma di collegarli con altri in modo da renderli più completi. Per il mondo antico il progetto *Pelagios*⁶ è il punto di riferimento, collegando, attraverso la loro posizione geografica, già una quarantina di progetti che raccolgono *online* vari tipi di informazioni sul mondo antico.

Il secondo aspetto riguarda naturalmente la possibilità di implementare ulteriormente l'applicazione di *webmapping*, rendendone la consultazione più agevole e auspicabilmente più interessante per tutte le tipologie di utente. Ciò potrebbe essere realizzato in primo luogo migliorando l'interfaccia grafica, ma anche e soprattutto creando percorsi tematici a seconda della tipologia di sito o di reperto, in modo da rendere più veloce e immediato il recupero delle informazioni utili. Infine si dovrebbero aggiungere ai dati della ricognizione in Tunisia, gli unici disponibili al momento tramite il sito, quelli relativi alle indagini effettuate in Algeria, operazione questa in realtà effettuabile rapidamente attraverso poche modifiche, dal momento che le modalità di raccolta e di catalogazione dei dati relativi a siti e reperti sono state praticamente le stesse nelle due ricognizioni.

⁶<http://pelagios-project.blogspot.it/>

APPENDICE A

SCRIPT DI R

In questa appendice si riportano gli *scripts* di R scritti e utilizzati durante il lavoro di tesi. Questo con l'intento di rendere il più trasparente possibile il flusso di lavoro. Per questo motivo quasi ogni comando è commentato spiegandone la funzione cercando così di rendere chiaro il funzionamento dello *script*.

Il codice è testato in ambiente Linux Ubuntu e presuppone l'installazione di R, delle relative librerie (dichiarate all'inizio di ogni *file*) e di GRASS.

Gli *scripts* sono riportati, nel limite del possibile, nell'ordine in cui ne sono riportati i risultati nella tesi e sono comunque indicati all'interno della stessa.

A.1 Creazione rasters

Genera i *raster* delle caratteristiche fisiche e culturali che saranno poi analizzate importando il dem del territorio e gli *shapefiles* relativi ad ogni variabile.

```
1  #!/usr/bin/env Rscript
2  #Importare libreria per utilizzare grass all'interno di R
3  library(spgrass6)
4  #
5  #Path di sistema Linux
6  loc <- initGRASS("/usr/lib/grass64", home= tempdir(),
7  ↪   gisDbase="/media/data/grass",
8     location="Tunisia", mapset="mod_pred", override=TRUE)
9
10 #Files esterni richiesti
11 #raster
12 dem <- c("/media/data/Cartografia/tunisia/raster/dem_orig.tif")
13 #vector
14 fiumi <- c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/fiumi/fiumi.shp")
15 sorgenti <- c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/sorgenti/sorgenti.shp")
16 citta <- c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/citta/citta.shp")
17 strade <- c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/strade/strade.shp")
18 area <-
19   c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/area_interesse/area_interesse2.shp")
20
21 variabili_cont <- c("dem", "slope", "tidx", "pcurv", "f_cost",
22                   "s_cost", "c_cost", "str_cost" )
```

```

22
23 #Importare dem.tif e adattare la region al nuovo raster
24 execGRASS("r.in.gdal", input=dem, output="dem", flag=c("overwrite", "e", "o"))
25
26 #region
27 execGRASS("g.region", rast="dem", res="30")
28
29 #Creazione di raster slope e aspect pcurv
30 execGRASS("r.slope.aspect", flags="overwrite", parameters=list(elevation="dem",
31 slope="slope", pcurv="pcurv",
32 format= "degrees", aspect="aspect", min_slp_allowed=3))
33
34 #Creazione raster indice topografico
35 execGRASS("r.topidx", input="dem", output="tidx", flags=c("overwrite"))
36
37 #Creazione raster morphometric features
38     execGRASS("r.param.scale", flags="overwrite",
39 ↪ parameters=list(input="dem",
40 param="feature", size=7, output="el_morf"))
41
42 #Creazione raster cost-fiumi
43     #Importare vettore
44     execGRASS("v.in.ogr", dsn=fiumi, layer="fiumi", output="fiumi",
45 flags=c("overwrite", "o"))
46     #rasterizzare
47     execGRASS("v.to.rast",input="fiumi", output="fiumi_raster", value=1,
48 use="val", flags=c("overwrite"))
49     #generazione raster r.cost
50     execGRASS("r.cost", input="slope", output="f_cost",
51 start_rast="fiumi_raster", flags=c("overwrite"))
52
53 #Creazione raster cost-sorgenti
54     #importare vettore
55     execGRASS("v.in.ogr", dsn=sorgenti, layer="sorgenti", output="sorgenti",
56 flags=c("overwrite", "o"))
57     execGRASS("v.to.rast",input="sorgenti", output="sorgenti_raster",
58 ↪ value=1,
59 use="val", flags=c("overwrite"))
60     execGRASS("r.cost", input="slope", output="s_cost",
61 start_rast="sorgenti_raster", flags=c("overwrite"))
62
63 #Creazione raster cost-citta
64     execGRASS("v.in.ogr", dsn=citta, layer="citta", output="citta",
65 flags=c("overwrite", "o"))
66     execGRASS("v.to.rast",input="citta", output="citta_raster", value=1,
67 use="val", flags=c("overwrite"))
68     execGRASS("r.cost", input="slope", output="c_cost",
69 start_rast="citta_raster", flags=c("overwrite"))
70
71 #Creazione raster cost-strade
72     execGRASS("v.in.ogr", dsn=strade, layer="strade", output="strade",
73 flags=c("overwrite", "o"))
74     execGRASS("v.to.rast",input="strade", output="strade_raster", value=1,
75 use="val", flags=c("overwrite"))
76     execGRASS("r.cost", input="slope", output="str_cost",
77 start_rast="strade_raster", flags=c("overwrite"))

```



```

76
77
78 #Statistiche univariate per tutti i raster
79   #Importare vettore PER MASK
80   execGRASS("v.in.ogr", dsn=area, output="limite", flags=c("overwrite",
↪  "o"))
81   execGRASS("v.to.rast",input="limite", output="limite", value=1,
82             use="val", flags=c("overwrite"))
83   execGRASS("r.mask", flags="o", input="limite")
84
85   ## Crea dei files con le caratteristiche dei raster (solo zona
↪  considerata) per poter
86   ##così definire nel passo dopo i valori per la riclassificazione (per le
↪  continue)
87   path <- "01_rasters"
88   dir.create(path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
89   for(i in 1:length(variabili_cont)) {
90     sink(paste0(path,"/", variabili_cont[[i]], "_stat.txt"))
91     print(paste0("RASTER ", variabili_cont[[i]]))
92     execGRASS("r.univar", map=variabili_cont[[i]])
93     sink()
94   }
95

```

A.2 Generazione tabelle X^2

Effettua il test del X^2 e genera le tabelle e i files di testo con i risultati in formato direttamente importabile in \LaTeX .

```

1  #!/usr/bin/env Rscript
2  #Importare libreria per utilizzare grass all'interno di R e per esportare tabella
↪  in formato latex
3  library(spgrass6)
4  library(xtable)
5  #evitare annotazione scientifica
6  options(scipen=999)
7
8  #####DEFINIZIONE PATHS E VARIABILI UTILIZZATE#####
9  #Path di sistema Linux
10 loc <- initGRASS("/usr/lib/grass64", home=tempdir(),
↪  gisDbase="/media/data/grass",
11             location="Tunisia", mapset="mod_pred", override=TRUE)
12
13 #importa files
14 oleifici <-
15   c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/oleifici/oleifici_def.shp")
16 siti_tutti <-
17   c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/siti_tutti/siti_tutti.shp")
18
19 #modifica queste variabili in base ai dati letti nello script prima e alle
↪  variabili utilizzate
20 #c(valore_minimo, valore_massimo, grandezza_classe)
21
22 #variabili continue
23 variabili_cont <- c("dem", "slope", "tidx", "pcurv",

```

```

24         "f_cost", "s_cost", "c_cost", "str_cost")
25 #variabili categoriali
26 variabili_cat <- c("el_morf", "aspect_r")
27
28 #tutte le variabili
29 variabili <- append(variabili_cont, variabili_cat)
30
31 #range variabili continue
32 dem_range <- c(100, 1000, 150)
33 slope_range <- c(0, 45, 5)
34 tid_x_range <- c(2, 15, 2)
35 pcurv_range <- c(-0.03, 0.03, 0.03)
36 f_cost_range <- c(0, 1600, 200)
37 s_cost_range <- c(0, 1050, 150)
38 c_cost_range <- c(0, 1600, 200)
39 str_cost_range <- c(0, 1050, 150)
40
41 #nomi variabili categoriali
42 aspect_rec <- data.frame(c(
43 "1000:1000:0",
44 "22.5:67.499:1",
45 "67.5:112.499:2",
46 "112.5:157.499:3",
47 "157.5:202.499:4",
48 "202.5:247.499:5",
49 "247.5:292.499:6",
50 "292.5:337.499:7",
51 "337.5:360:8",
52 "0.0001:22.499:8"))
53 colnames(aspect_rec) <- c("classi")
54 el_morf_nom <- data.frame(c("Pian.", "Depr.", "Canale", "Passo", "Cresta",
55 ↪ "Picco"))
56 colnames(el_morf_nom) <- c("classi")
57 aspect_nom <- data.frame(c("Flat", "NE", "N", "NO", "O", "SO", "S", "SE", "E"))
58 colnames(aspect_nom) <- c("classi")
59
60 #Paths files
61 reclass_files_path <-c("02_chiquadro/reclass_rules/")
62 estensioni_files_path <-c("02_chiquadro/estensioni_perc/")
63 tabelle_files_path <-c("02_chiquadro/variabili/")
64 chisq_files_path <-c("02_chiquadro/chisq/")
65
66 dir.create(reclass_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
67 dir.create(estensioni_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
68 dir.create(tabelle_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
69 dir.create(chisq_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
70
71 #####CREAZIONE FILES DI RECODE E GENERAZIONE RELATIVI RASTER####
72 sink(paste0(reclass_files_path, "el_morf_nomi.txt"))
73 for(i in 1:length(el_morf_nom$classi)) {
74     cat(paste0(el_morf_nom$classi[i], "\n"))
75 }
76
77 sink()
78
79 sink(paste0(reclass_files_path, "aspect_r_nomi.txt"))
80 for(i in 1:length(aspect_nom$classi)) {

```

```

79         cat(paste0(aspect_nom$classi[i], "\n"))
80     }
81     sink()
82
83     #aspect
84     sink(paste0(reclass_files_path, "aspect_reclass.txt"))
85     for(i in 1:length(aspect_rec$classi)) {
86         cat(paste0(aspect_rec$classi[i], "\n"))
87     }
88     sink()
89
90     #region di Grass
91     execGRASS("g.region", rast="dem", res="30")
92
93     for(i in 1:length(variabili_cont)) {
94
95         #definizione breaks
96         breaks=seq(
97             eval(parse(text=(paste0(variabili_cont[[i]], "_range[[1]]")))),
98             eval(parse(text=(paste0(variabili_cont[[i]], "_range[[2]]")))),
99             by= eval(parse(text=(paste0(variabili_cont[[i]], "_range[[3]]"))))
100        )
101         print(breaks)
102
103         #generazione file di reclass
104         sink(paste0(reclass_files_path, variabili_cont[[i]], "_reclass.txt"))
105         for(a in 1:length(breaks)) {
106             if (a < length(breaks)) {
107                 cat(paste0(breaks[a], ":", breaks[a+1], ":", a, "\n"))
108             } else {}
109         }
110         sink()
111
112         #generazione di un altro file per i nomi delle tabelle
113         sink(paste0(reclass_files_path, variabili_cont[[i]], "_nomi.txt"))
114         classi <- read.table(paste0(reclass_files_path, variabili_cont[[i]],
115             "_reclass.txt"), sep=":", header=FALSE)
116
117         #questo if else serve solo per ridurre la lunghezza del nome delle
118         #variabili per migliorare la visualizzazione delle tabelle in Latex
119         #si puo' eliminare e sostituire con solo:
120         #classi$uni <- paste(classi[[1]], classi[[2]], sep=":")
121
122         if ("f_cost" == variabili_cont[i] || "s_cost" == variabili_cont[i] ||
123             "c_cost" == variabili_cont[i] || "str_cost" == variabili_cont[i])
124         {
125             classi$uni <- paste(classi[[1]]/100, classi[[2]]/100, sep=":")
126         }
127         else{
128             classi$uni <- paste(classi[[1]], classi[[2]], sep=":")
129         }
130         for(a in 1:length(classi$uni)) {
131             cat(paste0(classi$uni[a], "\n"))
132         }
133         sink()
134

```

```

135 #Reclass raster in GRASS
136     execGRASS("r.recode", flags="overwrite",
137             input=paste0(variabili_cont[[i]]),
138             output=paste0(variabili_cont[[i]], "_r"),
139             rules=paste0(reclass_files_path, variabili_cont[i],
↪ "_reclass.txt")
140     )
141 }
142
143 ## Per aspect il file di reclass e' scritto manualmente ##
144     execGRASS("r.null", map="aspect", null=1000)
145
146     execGRASS("r.recode", flags="overwrite",
147             input="aspect",
148             output="aspect_r",
149             rules=paste0(reclass_files_path, "aspect_reclass.txt")
150     )
151
152 #Lettura delle variabili in corrispondenza di siti e oleifici
153
154     #Importare vettori oleifici e tutti_i_siti
155 execGRASS("v.in.ogr", dsn=oleifici, output="oleifici", flags=c("overwrite", "o"))
156 execGRASS("v.in.ogr", dsn=siti_tutti, output="siti_tutti", flags=c("overwrite",
↪ "o"))
157
158 #genera la lista per l'aggiunta delle colonne in grass
159     #variabili continue
160     varcol <- c()
161     for(i in 1:length(variabili_cont)) {
162         varcol <- append(varcol, paste0(variabili_cont[i], " double precision"))
163     }
164     #variabili categoriali
165     for(i in 1:length(variabili_cat)) {
166         varcol <- append(varcol, paste0(variabili_cat[i], " integer"))
167     }
168     #variabili continue      riclassificate
169     for(i in 1:length(variabili_cont)) {
170         varcol <- append(varcol, paste0(variabili_cont[i], "_r integer"))
171     }
172
173 #genera un'altra lista per la lettura dei raster in grass
174 #(nome colonna senza tipo dati) variabili continue
175     varcol_read <- c()
176     for(i in 1:length(variabili_cont)) {
177         varcol_read <- append(varcol_read, paste0(variabili_cont[i]))
178     }
179     #variabili categoriali
180     for(i in 1:length(variabili_cat)) {
181         varcol_read <- append(varcol_read, paste0(variabili_cat[i]))
182     }
183     #variabili continue      riclassificate
184     for(i in 1:length(variabili_cont)) {
185         varcol_read <- append(varcol_read, paste0(variabili_cont[i], "_r"))
186     }
187
188 #aggiunge le colonne al vettore e legge le variabili

```

```

189 #in corrispondenza degli oleifici
190   for(i in 1:length(varcol_read)) {
191     execGRASS("v.db.addcol", map="oleifici", columns=varcol[[i]])
192     execGRASS("v.what.rast", vector="oleifici",
193               raster=varcol_read[[i]], column=varcol_read[[i]])
194   }
195
196 #aggiunge le colonne al vettore e legge le variabili in
197 #corrispondenza di tutti i siti
198   for(i in 1:length(varcol_read)) {
199     execGRASS("v.db.addcol", map="siti_tutti", columns=varcol[[i]])
200     execGRASS("v.what.rast", vector="siti_tutti",
201               raster=varcol_read[[i]], column=varcol_read[[i]])
202   }
203
204 #####LETTURA DELLE VARIABILI DAI RASTER E IMPORT IN R####
205
206 #importa i vettori in R
207 oleifici <- readVECT6("oleifici")
208 siti_tutti <- readVECT6("siti_tutti")
209
210 #lista delle variabili continue riclassificate e categoriali
211 raster_cat <- c()
212 for(i in 1:length(variabili_cont)) {
213   raster_cat <- append(raster_cat, paste0(variabili_cont[i], "_r"))
214 }
215 for(i in 1:length(variabili_cat)) {
216   raster_cat <- append(raster_cat, paste0(variabili_cat[i]))
217 }
218
219 #esporta un file con le estensioni delle aree di ogni categoria
220 for(i in 1:length(variabili)) {
221   execGRASS("r.stats", input=paste0(raster_cat[[i]]),
222             flags=c("quiet", "n", "a"),
223             output=paste0(estensioni_files_path, variabili[[i]], ".txt"),
224             ↪ fs="tab")
225 }
226
227 chisq_ole <- list()
228 chisq_siti <- list()
229
230 ###CREAZIONE TABELLE CHI QUADRO PER OLEIFICI###
231 for(i in 1:length(variabili)) {
232   #Crea dataframe con le frequenze per ogni categoria
233   #di ogni variabile per gli oleifici
234
235   ol_temp <- as.data.frame(table(eval(parse(
236     text=(paste0("oleifici$", raster_cat[[i]]))))))
237   colnames(ol_temp) <-c("Cat", "0")
238
239   #importa file creato prima
240   temp <- read.table(paste0(estensioni_files_path, variabili[[i]], ".txt"),
241                     sep="\t", header=FALSE)
242   temp1 <- data.frame(temp$V1, (temp$V2/sum(temp$V2))*100)
243   colnames(temp1) <-c("Cat", "Perc")

```

```

244
245 #Unisce le due tabelle in una sola
246 #Attenzione!! La tabella dei siti potrebbe essere piu breve di
247 #quella del raster in quanto potrebbero esserci categorie senza
248 #nessun sito per questo si utilizza la funzione merge per unire i dati,
249 #questa funzione crea pero degli NA dove non ci sono siti quindi questi
250 #devono poi essere sostituiti con 0 per far funzionare il test del ChiQuadro.
251 merged <- merge(temp1, ol_temp, by="Cat", all=TRUE)
252 merged[is.na(merged)] <- 0
253 chisq_ole[[i]] <- chisq.test(merged$O, p=merged$Perc/100)
254 merged[i] <- NULL
255 merged$Exp <- ((sum(merged$O))*merged$Perc)/100
256 merged$"O-E" <- merged$O-merged$Exp
257 merged$"O-E)^2" <- merged$"O-E"*merged$"O-E"
258 merged$"O-E)^2/E" <- merged$"O-E)^2"/merged$Exp
259 merged$"O-E" <- NULL
260 merged$"O-E)^2" <- NULL
261
262 ###Importa i nomi delle classi dal file
263   classi <- read.table(paste0(reclass_files_path, variabili[[i]],
264   ↪ "_nomi.txt"),
265                       header=FALSE)
266   print(classi)
267   print(as.vector(classi$V1))
268   print(merged)
269   rownames(merged) <- as.vector(classi$V1)
270
271 #aggiungi riga con somma
272   merged["Totale" ,] <- colSums(merged)
273
274 #sostituzioni per migliorare aspetto tabelle
275   tab = print(xtable(merged, digits=c(0,2,0,1,2)))
276   tab = sub("\\begin{tabular}{rrrrr}\\n \\hline",
277   ↪ "\\rowcolors{2}{gray!25}{white}\\n\\begin{tabular}{rrrrr}\\n\\toprule",
278   ↪ tab, fixed=TRUE)
279   tab = sub("\\begin{table}", "", tab, fixed=TRUE)
280   tab = sub("\\hline\\n\\end{tabular}\\n\\end{table}",
281   ↪ "\\bottomrule\\n\\end{tabular}", tab, fixed=TRUE)
282   tab = sub("\\hline", "\\midrule", tab, fixed=TRUE)
283   tab = sub("(O-E)^2/E", "\\(\\frac{(O-E)^2}{E}\\)", tab, fixed=TRUE)
284   tab = sub("[ht]", "", tab, fixed=TRUE)
285
286 #esportazione tabelle
287   cat(tab, file=paste0(tabelle_files_path, "ole_", variabili[i],
288   ↪ "_chi.txt"))
289 }
290
291 ###CREAZIONE TABELLE CHI QUADRO PER SITI###
292 for(i in 1:length(variabili)) {
293
294 #Crea dataframe con le frequenze per ogni categoria
295 #di ogni variabile per gli oleifici
296   siti_temp <- as.data.frame(table(eval(parse(text=(paste0("siti_tutti$",
297   ↪ raster_cat[[i]]))))))
298   colnames(siti_temp) <-c("Cat", "O")
299

```

```

298 #importa file creato prima
299     temp <- read.table(paste0(estensioni_files_path, variabili[[i]], ".txt"),
300                       sep="\t", header=FALSE)
301     temp1 <- data.frame(temp$V1, (temp$V2/sum(temp$V2))*100)
302     colnames(temp1) <-c("Cat", "Perc")
303
304 #Unisce le due tabelle in una sola
305     merged <- merge(temp1, siti_temp, by="Cat", all=TRUE)
306     merged[is.na(merged)] <- 0
307     chisq_siti[[i]] <- chisq.test(merged$O, p=merged$Perc/100)
308     merged[1] <- NULL
309     merged$Exp <- ((sum(merged$O))*merged$Perc)/100
310     merged$"O-E" <- merged$O-merged$Exp
311     merged$"O-E)^2" <- merged$"O-E"*merged$"O-E"
312     merged$"O-E)^2/E" <- merged$"O-E)^2"/merged$Exp
313     merged["Totale" ,] <- colSums(merged)
314     merged$"O-E" <- NULL
315     merged$"O-E)^2" <- NULL
316     merged$Perc <- NULL
317
318 #sostituzioni per migliorare aspetto tabelle
319     tab = print(xtable(merged), digits=c(0,1,2), include.rownames=FALSE)
320     tab = sub("\\begin{tabular}{rrr}\n  \\hline",
321             "\\rowcolors{2}{gray!25}{white}\n\\begin{tabular}{rrr}\n\\toprule",
322             tab, fixed=TRUE)
323     tab = sub("\\begin{table}", "", tab, fixed=TRUE)
324     tab = sub("\\hline\n\\end{tabular}\n\\end{table}",
325             "\\bottomrule\n\\end{tabular}", tab, fixed=TRUE)
326     tab = sub("\\hline", "\\midrule", tab, fixed=TRUE)
327     tab = sub("(O-E)^2/E", "\\(\\frac{(O-E)^2}{E}\\)", tab, fixed=TRUE)
328     tab = sub("[ht]", "", tab, fixed=TRUE)
329
330 #esportazione tabelle
331     cat(tab, file=paste0(tabelle_files_path, "siti_", variabili[i],
332     ↪ "_chi.txt"))
333 }
334
335 #Esportazione risultati chiquadro
336 for(i in 1:length(variabili)) {
337     sink(paste0(chisq_files_path, variabili[[i]], "_chisq.txt"))
338     cat(paste0("Siti con pressa: X-squared: ", round(chisq_ole[[i]]$statistic,
339     ↪ 2),
340         ", df: ", chisq_ole[[i]]$parameter, ", p-value: ",
341         round(chisq_ole[[i]]$p.value, 6), "\n"))
342     cat(paste0("Siti senza pressa: X-squared: ",
343     ↪ round(chisq_siti[[i]]$statistic, 2),
344         ", df: ", chisq_siti[[i]]$parameter, ", p-value: ",
345         round(chisq_siti[[i]]$p.value, 6)))
346     sink()
347 }
348 print("tutto ok!!")

```

A.3 Kolmogorov Smirnov Test

Questo *script* esegue il Test di KS per 100 volte e combina i risultanti *p-values* attraverso il test di Fisher. Genera inoltre dei *files* con le ogive di frequenza cumulativa per verificare visivamente la differenza tra i siti casuali e i siti con pressa. Esporta infine i risultati del test di Fisher in *file* di testo da importare poi in L^AT_EX.

```

1  #!/usr/bin/env Rscript
2  #Importare librerie per utilizzare grass all'interno di R e tabella in formato
   ↪ latex
3  library(spgrass6)
4  library(xtable)
5  #Importare libreria per FISHER METHOD
6  library(MADAM)
7  #evitare annotazione scientifica
8  options(scipen=999)
9
10 #####DEFINIZIONE PATHS E VARIABILI UTILIZZATE#####
11 ##### DA CONFIGURARE #####
12
13 #Path di sistema Linux
14 loc <- initGRASS("/usr/lib/grass64", home=tempdir(),
   ↪  gisDbase="/media/data/grass",
15     location="Tunisia", mapset="mod_pred", override=TRUE)
16
17 #region
18 execGRASS("g.region", rast="dem", res="30")
19 execGRASS("r.mask", flags="o", input="limite")
20
21 did_stampa <- c("Altitudine",
22     "Pendenza",
23     "Indice Topografico",
24     "Profilo curvatura",
25     "Distanza di costo dai fiumi",
26     "Distanza di costo dalle sorgenti",
27     "Distanza di costo dalle citta",
28     "Distanza di costo dalle strade")
29
30 variabili <- c("dem",
31     "slope",
32     "tidx",
33     "pcurv",
34     "f_cost",
35     "s_cost",
36     "c_cost",
37     "str_cost")
38
39 break_list <- list(
40  dem=seq(100, 1000, by=1),
41  slope=seq(0, 35, by=0.1),
42  tidx=seq(2, 15, by=0.1),
43  pcurv=seq(-0.02, 0.03, by=0.001),
44  f_cost=seq(0, 1600, by=1),
45  s_cost=seq(0, 1050, by=1),
46  c_cost=seq(0, 1600, by=1),
47  str_cost=seq(0, 1050, by=1)

```



```

48 )
49
50 #paths
51 ogive_files_path <-c("03_smirnov/ogive/")
52 fisher_files_path <- c("03_smirnov/fisher/")
53 dir.create(ogive_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
54 dir.create(fisher_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
55
56 #nsim
57 nsim=5
58
59
60 ##INIZIO SCRIPT##
61
62 #definizione quantita e sequenza per etichette della stampa
63 for(i in 1:length(variabili)) {
64 #etichette (es. per slope, seq(0,35, by=35-0/(n=5)) si crea sequenza
65   ↪ (0,7,14,21,28,35) 6 et.
66 assign(paste0(variabili[i], "_label"), seq(min(break_list[[i]]),
67   max(break_list[[i]]), by=((max(break_list[[i]]) -
68   ↪ min(break_list[[i]]))/5)))
69 }
70 #definizione della posizione delle etichette
71 for(i in 1:length(variabili)) {
72 #numero di classi (es. per slope, 35-2/0.1=330) si crea sequenza
73 #(0,66,132,198,264,330) 6 posizioni che coincidono alle 6 etichette
74 a <- ((max(break_list[[i]]) - min(break_list[[i]])) / (break_list[[i]][2] -
75   ↪ break_list[[i]][1]))
76 #numero di classi (es. per slope, seq(0, 330, by=330/(n=5))
77 assign(paste0(variabili[i], "_sequenza"), seq(0, a, by=a/5))
78 }
79
80 #variabile per l'aggiunta delle colonne in grass
81 varcol <- c()
82 for(i in 1:length(variabili)) {
83 varcol <- append(varcol, paste0(variabili[i], " double precision"))
84 }
85
86 ####DEFINIZIONE DATAFRAME PER INSERIRE I DATI DI KST####
87
88 #creazione di variabili per inserire dati dai loops
89 prova <- c(1:200)
90 df_kst <- list()
91 for(i in 1:length(variabili)) {
92   assign(paste0("df_", variabili[i]), data.frame(prova))
93   df_kst[i] <- list(assign(paste0("df_", variabili[i], "_kst"),
94     data.frame(p_value=numeric(),D=numeric(),
95     stringsAsFactors=FALSE)))
96 }
97
98 df_test <- data.frame(prova)
99 df_test[1] <- NULL
100
101 test_val<-list()
102
103 #importa oleifici in R

```

```

101 oleifici <- readVECT6("oleifici")
102
103 #funzione per la lettura dei valori in grass (usata poi nel loop)
104 test.grass <- function(variabili, varcol) {
105   execGRASS("v.db.addcol", map="test", columns=varcol)
106   execGRASS("v.what.rast", vector="test", raster=variabili, column=variabili)
107 }
108
109
110 #####TEST DI KS PER N VOLTE GENERANDO UN FILE DI PUNTI DIVERSI####
111
112 for(a in 1:nsim) {
113   #crea il file di punti casuali e aggiunge le colonne per aspect, slope e
114   ↪ altitudine
115   execGRASS("r.random", flags="overwrite", input="dem", n="200",
116   ↪ vector_output="test")
117
118   #aggiunge le colonne e legge i valori per ogni variabile nel vect. test
119   for(i in 1:length(variabili)) {
120     test.grass(variabili = variabili[i], varcol=varcol[i])
121   }
122
123   #importa i valori in R
124   test_dist <- readVECT6("test")
125
126   #inserisce i valori all'interno di df_test (esterna al loop)
127   for(i in 1:length(variabili)) {
128     df_test[[paste(variabili[i])] <-
129     ↪ test_dist[[paste(variabili[i])]
130   }
131
132   #inserisce tutti i valori in test_val (esterna) (serve dopo per i grafici
133   ↪ cumulativi)
134   test_val[a] <- list(assign(paste0("nr", variabili[i]), c(df_test)))
135
136   #esegue il test KS e lo inserisce nella list df.list (interna e quindi
137   ↪ temporanea)
138   df.list <- list()
139   for(i in 1:length(variabili)) {
140     df.list[i] <- list(assign(paste0("ks_", variabili[i]),
141     ↪ ks.test(oleifici[[paste(variabili[i])]],
142     ↪ df_test[i][[paste(variabili[i])]])))
143   }
144
145   #i risultati del test da df.list in df_kst (definita all'esterno del
146   ↪ loop)
147   for(i in 1:length(variabili)) {
148     df_kst[[i]] = rbind(df_kst[[i]], c(df.list[[i]]$statistic,
149     ↪ df.list[[i]]$p.value))
150   }
151
152   #pausa per cancellare i file temporanei ed evitare di leggere due volte gli
153   ↪ stessi dati
154   Sys.sleep(0.8)
155 }

```

```

149
150 #crea lista di dataframe con i p-value del KST
151 p_list <- list()
152 for(i in 1:length(variabili)) {
153     colnames(df_kst[[i]]) <- c("z", "p")
154     p_list[i] <- list(assign(paste0("p_list",variabili[i]),
155     ↪ data.frame(df_kst[[i]]$p)))
156 }
157 print(p_list)
158 #Fisher test
159 for(i in 1:length(variabili)) {
160     a <- fisher.method(t(p_list[[i]]), method = c("fisher"),
161     ↪ p.corr = c("none"), mc.cores=NULL)
162     #Esporta i file con il risultato del fisher test
163     sink(paste0(fisher_files_path, variabili[[i]], "_ftest.txt"))
164     cat(paste0("KST p-value: ", a$p.value))
165     sink()
166     print(paste0(variabili[i], " p_value: ", a$p.value))
167 }
168 ### STAMPARE I GRAFICI CUMULATIVI ###
169
170 ole_list <- list()
171
172 #modifica i dati per permettere la stampa del grafico oleifici
173 for(i in 1:length(variabili)) {
174     #assegna le categorie
175     cut <- cut(oleifici[[paste0(variabili[i])]], break_list[[i]],
176     ↪ right=FALSE)
177     #conta per ogni categoria quanti oleifici sono presenti e crea una lista di
178     ↪ variabile[i].freq
179     freq <- data.frame(table(cut))
180     #Frequenza cumulativa
181     freq$cumfreq <- cumsum(freq$Freq)
182     #aggiunge la colonna percentuale cumulativa (parte da 0% e arriva a 100%)
183     freq$cumperc <- (freq$cumfreq*100/sum(freq$Freq))
184     colnames(freq) <- c("cut", "freq", "cumfreq", "cumperc")
185     #Far diventare la colonna cut il nome delle righe
186     freq <- data.frame(freq[,-1], row.names=freq[,1])
187     #esporta in una lista all'esterno del loop
188     ole_list[i] <- list(freq)
189 }
190
191 for(i in 1:length(variabili)) {
192     #stampa ogive
193     pdf(paste0(ogive_files_path, variabili[i], "_ogive.pdf"))
194     plot(ole_list[[i]]$cumperc, main=paste0(nsim, " simulazioni"),
195     ↪ cex.main=0.95, xaxt = "n", type="l", col="black", ylim=c(0,100),
196     ↪ xlab=did_stampa[i], ylab="Cumulative percentage")
197     axis(1, at=eval(parse(text=paste0(variabili[i], "_sequenza"))),

```

```

202         labels=eval(parse(text=paste0(variabili[i], "_label")))
203     legend(0,100, c("siti","random"), lwd=c(2.5,2.5),
204           col=c("black","gray"), bty='n', cex=0.75)
205
206     #aggiunge una linea per n volte in cui si effettua il test
207     for(a in 1:nsim) {
208
209         test_cut <- cut(unlist(test_val[[a]][i]), break_list[[i]],
↪     right=FALSE)
210
211         #conta per ogni categoria quanti punti random sono presenti
212         test_freq <- data.frame(table(test_cut))
213
214         #Frequenza cumulativa
215         test_freq$cumfreq <- cumsum(test_freq$Freq)
216
217         #aggiunge la colonna percentuale cumulativa (parte da 0% e arriva a 100%)
218         test_freq$cumperc <- (test_freq$cumfreq*100/sum(test_freq$Freq))
219         colnames(test_freq) <- c("cut", "freq", "cumfreq", "cumperc")
220
221         #Far diventare la colonna cut il nome delle righe
222         test_freq <- data.frame(test_freq[,-1], row.names=test_freq[,1])
223
224         #stampa linea
225         lines(test_freq$cumperc, type="l", col="gray")
226     }
227
228     #stampa la linea degli oleifici
229     lines(ole_list[[i]]$cumperc, type="l", col="black")
230     dev.off()
231 }
232
233 print("Tutto ok!!")

```

A.4 Regressione Logistica Semplice

Questo script esegue il test della regressione logistica semplice sulle variabili continue e sulle variabili categoriali.

```

1  #!/usr/bin/env Rscript
2  #Importare librerie
3  library(spgrass6)
4  library(car)
5  library(popbio)
6  options(scipen=999) #evitare annotazione scientifica
7
8  #####DEFINIZIONE PATHS E VARIABILI UTILIZZATE####
9  #Path di sistema Linux
10 loc <- initGRASS("/usr/lib/grass64", home=tempdir(),
↪     gisDbase="/media/data/grass",
11         location="Tunisia", mapset="mod_pred", override=TRUE)
12
13 #path file output
14 log_files_path <- "04_log_sem/logs/"
15 dir.create(log_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)

```

```

16 graphs_path <- "04_log_sem/graphs/"
17 dir.create(graphs_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
18
19 variabili_cont <- c("dem", "slope", "tidx", "pcurv", "f_cost",
20                   "s_cost", "c_cost") #variabili continue
21 variabili_cat <- c("el_morf") #variabili categoriali
22 variabili <- append(variabili_cont, variabili_cat)
23
24 nsim <- 5 #numero di simulazioni da effettuare
25
26 ### INIZIO SCRIPT PRIMA PARTE ESTERNA AL LOOP###
27 oleifici <- readVECT6("oleifici")
28 #variabile per inserire i p-values del loop
29 p_list <- data.frame()
30 # n (=oleifici) non siti
31 nonsiti <- (length(oleifici[1]))
32 #genera lista per inserimento colonne e lettura valori
33 varcol <- c()
34 for(i in 1:length(variabili)) {
35   varcol <- append(varcol, paste0(variabili[i], " double precision"))
36 }
37
38 ### INIZIO LOOP###
39 for (a in 1:nsim){
40   #imposta una mask per limitare le operazioni alla zona di indagine
41   execGRASS("r.mask", flags="o", input="limite")
42   #crea raster dal vettore oleifici
43   execGRASS("v.to.rast", flags="overwrite", input="oleifici",
44            value=1, output="ole_raster", use="val")
45   #imposta il valore null del raster oleifici a 0 in modo da poter sommare
46   execGRASS("r.null", map="ole_raster", null=0)
47   #somma la mappa raster degli oleifici a quella del limite
48   execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
49            formula="limite+ole_raster", outfile="ole_rast_lim")
50   #imposta il valore 2 (oleifici + limite) a null
51   execGRASS("r.null", map="ole_rast_lim", setnull="2")
52   #imposta una mask da questo raster in modo da eliminare
53   #la possibilita che si selezionino gli oleifici
54   execGRASS("r.mask", flags="o", input="ole_rast_lim")
55   #genera il file di punti random
56   execGRASS("r.random", flags="overwrite", input="ole_rast_lim",
57            n=paste0(nonsiti), vector_output="random")
58   #reimposta la mask originale
59   execGRASS("r.mask", flags="o", input="limite")
60
61   #lettura delle variabili
62   for(i in 1:length(variabili)) {
63     execGRASS("v.db.addcol", map="random", columns=varcol[i])
64     execGRASS("v.what.rast", vector="random", raster=variabili[i],
65              ↪ column=variabili[i])
66   }
67   #import in R
68   random <- readVECT6("random")
69   #tieni solo le colonne utili
70   random <- subset(random, select=variabili)
71   oleifici <- subset(oleifici, select=variabili)

```

```

71 #aggiunta di una colonna sito con valore 0 per i non siti e di 1 per i siti
72 random$sito <- rep(0,nrow(random))
73 oleifici$sito <- rep(1,nrow(oleifici))
74 #unione
75 total <- rbind(random, oleifici)
76
77 #####VARIABILI CONTINUE####
78 #variabil temporanea per inserire i vari p_values
79     pcol <- c()
80
81 #regressione logistica univariata
82     for(i in 1:length(variabili_cont)) {
83         logr.vm <- glm(total$sito ~ total[[variabili_cont[i]]],
84             family=binomial(logit))
85
86 #aggiungi il pvalue a pcol
87         pcol <- append(pcol, 1-pchisq(logr.vm$null.deviance-logr.vm$deviance, 1))
88     }
89
90     p_list <- rbind(p_list,pcol)
91 Sys.sleep(0.5) #pausa per cancellare i file temporanei
92 } ### FINE LOOP ###
93
94 ### RIASSUNTO DEI VALORI ###
95 #Stampa tabella con numero di test positivi (< 0.05) e negativi per ogni
96 ↪ variabile
97 colnames(p_list) <- variabili_cont
98 print(p_list)
99
100 p_breaks <- c(0, 0.05, 1)
101
102 sink(paste0(log_files_path, "variabili_continue_loguni_risassunto.txt"))
103 cat("\centering","\n")
104 cat("\rowcolors{2}{gray!25}{white}","\n")
105 cat("\begin{tabular}{rrr}","\n")
106 cat("\toprule","\n")
107 cat("Variabile & Positivi & Negativi", "\\\\" ,"\n")
108 cat("\midrule","\n")
109 for (i in 1:length(variabili_cont)){
110     a = cut(eval(parse(text=paste0("p_list$", variabili_cont[i]))), p_breaks,
111         ↪ right=FALSE)
112     b <- table(a)
113     #print(paste0(variabili_cont[i], ": positivi: ", b[1], ", negativi: ", b[2]))
114     cat(paste0(variabili_cont[i], " & ", b[1], " & ", b[2], " \\\\" , "\n"),
115         ↪ append=TRUE)
116 }
117 cat("\bottomrule","\n")
118 cat("\end{tabular}","\n")
119
120 #####ESPORTA GRAFICI E VALORI ULTIMO RISULTATO####
121 sink(paste0(log_files_path, "variabili_continue_loguni.txt"))
122 for(i in 1:length(variabili_cont)) {
123     logr.vm <- glm(total$sito ~ total[[variabili_cont[i]]], family=binomial(logit))
124     #testo
125     cat(paste0("Il p-value di ", variabili_cont[i], " e' uguale a: ",

```

```

124     1-pchisq(logr.vm$null.deviance-logr.vm$deviance, 1), "\n"), append=TRUE)
125 #Grafici
126 pdf(paste0(graphs_path,
127         "hist_",variabili_cont[i], "_log.pdf"))
128 logi.hist.plot(total[[variabili_cont[i]]],total$sito, xlab=variabili_cont[i],
129         boxp=FALSE, type="hist", col="gray")
130 dev.off()
131 }
132 sink()
133
134 ##VARIABILI CATEGORIALI###
135 #in questo caso e' una ma se fossero di piu' inserire qui
136 variabili_cat <- ("el_morf")
137 el_morf_nom <-c("Pian.", "Depr.", "Canale", "Passo", "Cresta", "Picco")
138
139 categorie <- unique(total[[variabili_cat[1]])
140 categorie_presenti <- eval(parse(text=paste0(variabili_cat[1],
141     ↪ "_nom")))[categorie]
142 #loop tra le variabili categoriali
143 for(i in 1:length(variabili_cat)) {
144 #trova le categorie presenti infatti se una fosse assente sia in siti che in non
145     ↪ siti
146 #porterebbe ad un errore
147 categorie <- unique(total[[variabili_cat[i]])
148 #assegna i nomi ai numeri delle categorie presenti
149 categorie_presenti <- eval(parse(text=paste0(variabili_cat[i],
150     ↪ "_nom")))[categorie]
151 sink(paste0(log_files_path, variabili_cat[i], "_loguni.txt"))
152 #loop tra le categorie di una variabile
153 for(a in 1:length(categorie_presenti)) {
154 categorie <- unique(total[[variabili_cat[i]])
155 #assegna i nomi ai numeri delle categorie presenti
156 categorie_presenti <- eval(parse(text=paste0(variabili_cat[i],
157     ↪ "_nom")))[categorie]
158 #assega 1 ai siti e 0 ai non siti
159 var <- recode(total[[paste0(variabili_cat[i]]), "categorie[a]=1;else=0")
160 #regressione
161 logr.vm2 <- glm(total$sito ~ var, family=binomial(logit))
162
163 pcol2 <- c()
164 pcol2 <- append(pcol2, 1-pchisq(logr.vm2$null.deviance-logr.vm2$deviance, 1))
165
166 cat(paste0("Il p-value di ", categorie_presenti[a], " e' uguale a: ",
167     1-pchisq(logr.vm2$null.deviance-logr.vm2$deviance, 1), "\n"), append=TRUE)
168 }
169 sink()
170 }##FINE LOOP VARIABILI CAT.
171 stop("Tutto ok!")

```

A.5 Regressione Logistica Multivariata

```

1 #!/usr/bin/env Rscript
2 #librerie
3 library(spgrass6)
4 library(car)

```

```

5  library(xtable)
6  library(mgcv)
7  library(raster)
8  library(methods)
9  #Importare libreria per FISHER METHOD
10 library(MADAM)
11 #Per NagelkerkeR2
12 library(fmsb)
13
14 #evitare annotazione scientifica
15 options(scipen=999)
16
17 #####DEFINIZIONE PATHS E VARIABILI UTILIZZATE####
18 #Path di sistema Linux
19 loc <- initGRASS("/usr/lib/grass64", home=tempdir(),
20   ↪  gisDbase="/media/data/grass",
21     location="Tunisia", mapset="mod_pred", override=TRUE)
22
23 #path file output
24 log_files_path <-c("05_log_multi/logs/")
25 dir.create(log_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
26 reclass_files_path <-c("05_log_multi/reclass/")
27 dir.create(reclass_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
28
29 raster_gam_files_path <- c("05_log_multi/gam/raster/")
30 dir.create(raster_gam_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
31 raster_glm_files_path <- c("05_log_multi/glm/raster/")
32 dir.create(raster_glm_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
33
34 glm_mod_files_path <- c("05_log_multi/glm/models/")
35 dir.create(glm_mod_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
36 gam_mod_files_path <- c("05_log_multi/gam/models/")
37 dir.create(gam_mod_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
38
39 log_files_path2 <- c("05_log_multi/glm/coeff/")
40 dir.create(log_files_path2, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
41
42 #variabili continue
43 variabili_cont <- c("dem", "slope", "tidx", "pcurv", "c_cost",
44   ↪  "s_cost")
45
46 variabili_cat <- c("el_morf")
47
48 variabili <- variabili_cont
49
50 nsim <- 1
51
52 ### INIZIO SCRIPT ###
53 #generazione raster cresta
54 sink(paste0(reclass_files_path, "cresta.txt"))
55   ↪  cat(paste0("1 thru 4 = 0", "\n", "5 thru 5 =1", "\n", "6 thru 6 = 0"))
56 sink()
57 execGRASS("r.reclass", input="el_morf", output="Cresta",
58   ↪  rules=paste0(reclass_files_path, "cresta.txt"), flags=c("overwrite"))
59
60 oleifici <- readVECT6("oleifici")

```



```

60 # n (=oleifici) non siti
61 nonsiti <- (length(oleifici[1]))
62
63 #genera lista per inserimento colonne e lettura valori
64 varcol <- c()
65 for(i in 1:length(variabili)) {
66 varcol <- append(varcol, paste0(variabili[i], " double precision"))
67 }
68
69
70
71
72 for (z in 1:nsim){
73     #imposta una mask per limitare le operazioni alla zona di indagine
74     execGRASS("r.mask", flags="o", input="limite")
75     #crea raster dal vettore oleifici
76     execGRASS("v.to.rast", flags="overwrite", input="oleifici",
77             value=1, output="ole_raster", use="val")
78     #imposta il valore null del raster oleifici a 0 in modo da poter sommare
79     execGRASS("r.null", map="ole_raster", null=0)
80     #somma la mappa raster degli oleifici a quella del limite
81     execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
82             formula="limite+ole_raster", outfile="ole_rast_lim")
83     #imposta il valore 2 (oleifici + limite) a null
84     execGRASS("r.null", map="ole_rast_lim", setnull="2")
85     #imposta una mask da questo raster in modo da eliminare
86     #la possibilita che si selezionino gli oleifici
87     execGRASS("r.mask", flags="o", input="ole_rast_lim")
88     #genera il file di punti random
89     execGRASS("r.random", flags="overwrite", input="ole_rast_lim",
90             n=paste0(nonsiti), vector_output="random")
91     #aggiungi colonna perc per i test futuri
92     execGRASS("v.db.addcol", map="random", columns="perc double precision")
93     #reimposta la mask originale
94     execGRASS("r.mask", flags="o", input="limite")
95
96 #lettura delle variabili
97 for(w in 1:length(variabili)) {
98     execGRASS("v.db.addcol", map="random", columns=varcol[w])
99     execGRASS("v.what.rast", vector="random", raster=variabili[w],
100             ↪ column=variabili[w])
101 }
102
103 oleifici <- readVECT6("oleifici")
104 random <- readVECT6("random")
105
106 #tieni solo le colonne utili
107 random <- subset(random, select=variabili)
108 oleifici <- subset(oleifici, select=variabili)
109
110 #aggiunta di una colonna sito con valore 0 per i non siti e di 1 per i siti
111 random$sito <- rep(0,nrow(random))
112 oleifici$sito <- rep(1,nrow(oleifici))
113
114 #unione
115 total <- rbind(random, oleifici)

```

```

115
116 #aggiungi le variabili categoriali
117 el_morf_nom <-c("Pian.", "Depr.", "Canale", "Passo", "Cresta", "Picco")
118 total$Canale <- recode(total$el_morf, "3=1;else=0")
119 total$Cresta <- recode(total$el_morf, "5=1;else=0")
120
121 modello <- glm(sito ~ dem + slope + tidx + pcurv + s_cost + Canale + Cresta,
  ↪ family=binomial, total)
122 #library(MASS)
123 #AIC<- stepAIC(modello)
124 #print(AIC)
125 #print(AIC$anova)
126 ###la prima volta che si lancia lo script termina qui. Si leggono i risultati e
  ↪ si decide
127 ###il modello migliore modificando i parametri successivi di conseguenza.
128 #stop("leggi")
129
130 # creazione
131 logr.vm2 = glm(sito ~ slope + dem + tidx + s_cost, family=binomial, total)
132 gammod = gam(sito ~ s(slope) + s(dem) + s(tidx) + s(s_cost), family=binomial,
  ↪ total)
133 # salvataggio (per applicarli anche in Algeria)
134 save(logr.vm2, file = paste0(glm_mod_files_path, "mymodel", z, ".rda"))
135 save(gammod, file = paste0(gam_mod_files_path, "mymodel", z, ".rda"))
136
137 #esporta tabelle con le percentuali di predizione corrette
138 sink(paste0(log_files_path, "glm_pred_tab", z, ".csv"))
139 cat("Soglia,glm,gam,differenza", "\n")
140 for(p in seq(.35,.8,.05)){
141   t1=table(fitted(logr.vm2)>p,total$sito)
142   perc_glm <- (1-(t1[2,1]+t1[1,2])/sum(t1))
143   t2=table(fitted(gammod)>p,total$sito)
144   perc_gam <- (1-(t2[2,1]+t2[1,2])/sum(t2))
145   tab <- cat(p, ",", perc_glm, ",", perc_gam, ",", perc_gam-perc_glm, "\n")
146 }
147 sink()
148
149 print(summary(logr.vm2))
150 multi <- (summary(logr.vm2)$coefficients)
151 #Esporta i risultati in tabella per LATEX
152 #sostituzioni per migliorare aspetto tabelle
153   tab = print(xtable(multi, digits=c(0,3,3,3,10)))
154   tab = sub("\\begin{tabular}{rrrrr}\n \\hline",
155
  ↪ "\\rowcolors{2}{gray!25}{white}\n\\begin{tabular}{rrrrr}\n\\toprule",
156         tab, fixed=TRUE)
157   tab = sub(" & Estimate", "Variabile & Estimate", tab, fixed=TRUE)
158   tab = sub("\\hline\n\\end{tabular}\n\\end{table}",
159         "\\bottomrule\n\\end{tabular}", tab, fixed=TRUE)
160   tab = sub("\\hline", "\\midrule", tab, fixed=TRUE)
161 #   tab = sub("[ht]", "", tab, fixed=TRUE)
162 # esporta tabella
163 cat(tab, file=paste0(log_files_path2, "coef_logmulti", z, ".txt"))
164 } ##FINE LOOP
165
166 ### CREAZIONE DEL RASTER ###

```

```

167 ### raster ###
168 ## qui si aggiungono quelli risultati utili al modello
169 slope <- readRAST6("slope")
170 dem <- readRAST6("dem")
171 tidx <- readRAST6("tidx")
172 s_cost <- readRAST6("s_cost")
173 rast_stack <- stack(raster(slope), raster(dem), raster(tidx), raster(s_cost))
174
175 ##MODELL GLM##
176 #Recupera i modelli GLM e crea rasters
177 f <- list.files(path=glm_mod_files_path, pattern='.rda$', full.names=TRUE)
178 for (i in 1:length(f)){
179 load(file = paste0(f[i]))
180 predict(rast_stack, logr.vm2,
181   ↪ filename=paste0(raster_glm_files_path,"glm_pred",i,".tif"), fun=predict,
182   const=NULL, index=1, na.rm=TRUE, format="GTiff", overwrite=TRUE)
183 }
184 # Importa i raster creati
185 f <- list.files(path=raster_glm_files_path, pattern='.tif$', full.names=TRUE)
186 # Unisce in uno di tipo stack
187 s <- stack(f)
188 print(s)
189 # Calcola la media
190 med <- calc(s, fun=mean, filename=paste0(raster_glm_files_path, "mean.tif"),
191   ↪ format="GTiff", overwrite = T)
192 print(med)
193 # Importa in grass il file media
194 execGRASS("r.in.gdal", input=paste0(raster_glm_files_path, "mean.tif"),
195   ↪ output="log_glm_surf", flag=c("overwrite", "e", "o"))
196 # Trasforma i valori in range 0-1
197 execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
198   ↪ formula="(exp(log_glm_surf))/(1+(exp(log_glm_surf)))",
199   ↪ outfile="prop_glm_surf")
200
201 ##MODELLO GAM##
202 #Recupera i modelli GAM e crea rasters
203 f <- list.files(path=gam_mod_files_path, pattern='.rda$', full.names=TRUE)
204 for (i in 1:length(f)){
205 load(file = paste0(f[i]))
206 predict(rast_stack, gammod,
207   ↪ filename=paste0(raster_gam_files_path,"gam_pred",i,".tif"), fun=predict,
208   const=NULL, index=1, na.rm=TRUE, format="GTiff", overwrite=TRUE)
209 }
210 # Importa i raster creati
211 f <- list.files(path=raster_gam_files_path, pattern='.tif$', full.names=TRUE)
212 # Unisce in uno di tipo stack
213 s <- stack(f)
214 print(s)
215 # Calcola la media
216 med <- calc(s, fun=mean, filename=paste0(raster_gam_files_path, "mean.tif"),
217   ↪ format="GTiff", overwrite = T)
218 print(med)
219 # Importa in grass il file media
220 execGRASS("r.in.gdal", input=paste0(raster_gam_files_path, "mean.tif"),
221   ↪ output="log_gam_surf", flag=c("overwrite", "e", "o"))
222 # Trasforma i valori in range 0-1

```

```

215 execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
  ↪ formula="(exp(log_gam_surf))/(1+(exp(log_gam_surf)))",
  ↪ outfile="prop_gam_surf")
216
217 ### VALUTAZIONE VARIABILI ###
218 ### raster #####
219 deviazione_predittori_raster <- cellStats(rast_stack,sd)
220 st<-scale(rast_stack, center=TRUE, scale=TRUE)
221 nag_stat <- NagelkerkeR2(logr.vm2)
222
223 coefficienti <- logr.vm2$coef
224 coef_predittori <- logr.vm2$coef[-1]
225 modello <- data.frame(logr.vm2$model)
226 deviazione_predittori <- sapply(modello[-1], sd)
227 deviazione_dipendente <- sapply(modello[1], sd)
228
229 prova <- (coef_predittori * deviazione_predittori * sqrt(nag_stat$R2)) /
  ↪ deviazione_dipendente
230 prova2 <- (coef_predittori * deviazione_predittori_raster * sqrt(nag_stat$R2)) /
  ↪ deviazione_dipendente
231
232 #Due dataframe per inserire i dati della valutazione delle variabili
233 valutazione_variabili_siti <- data.frame()
234 valutazione_variabili_raster <- data.frame()
235
236 valutazione_variabili_siti <- rbind(valutazione_variabili_siti,prova)
237 valutazione_variabili_raster <- rbind(valutazione_variabili_raster,prova2)
238
239 colnames(valutazione_variabili_siti) <- c("slope","dem","tidx","s_cost")
240 colnames(valutazione_variabili_raster) <- c("slope","dem","tidx","s_cost")
241
242 write.table(valutazione_variabili_siti, file = paste0(log_files_path,
  ↪ "val_var_siti.txt"),col.names = TRUE)
243 write.table(valutazione_variabili_raster, file = paste0(log_files_path,
  ↪ "val_var_raster.txt"), col.names = TRUE)
244
245 print(sapply(valutazione_variabili_siti, mean))
246 print(sapply(valutazione_variabili_raster, mean))
247 stop("Sembra tutto ok!")

```

A.6 Valutazione Modello 1

```

1 #Importare libreria per utilizzare grass all'interno di R
2 library(spgrass6)
3 #Importare libreria per FISHER METHOD
4 library(MADAM)
5 options(scipen=999)
6 #installare e caricare il pacchetto raster
7 #install.packages("raster", dependencies = TRUE)
8 library(raster)
9
10 #####DEFINIZIONE PATHS E VARIABILI UTILIZZATE#####
11 ##### DA CONFIGURARE #####
12 #Path di sistema Linux

```

```

13 loc <- initGRASS("/usr/lib/grass64", home=tempdir(),
  ↪  gisDbase="/media/data/grass",
14     location="Tunisia", mapset="mod_pred", override=TRUE)
15 #Directories
16 fisher_files_path <- c("06_smirnov/fisher/")
17 dir.create(fisher_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
18 kvamme_files_path <- c("06_smirnov/kvamme/")
19 dir.create(kvamme_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
20 ogive_files_path <- c("06_smirnov/ogive/")
21 dir.create(ogive_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
22 #numero di simulazioni da effettuare
23 nsim=2
24 oleifici <-
25     c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/oleifici/oleifici_def.shp")
26 execGRASS("v.in.ogr", dsn=oleifici, output="oleifici2", flags=c("overwrite"))
27 ##cambiare in base al nome del modello da testare
28 modello_da_testare <- "prop_glm_surf"
29
30 ### INIZIO SCRIPT ###
31 #Importare il vettore da grass
32 oleifici <- readVECT6("oleifici2")
33 n_oleifici <- as.character(nrow(oleifici))
34 print(n_oleifici)
35
36 #crea i dataframe "vuoti" per inserire i dati provenienti dal KST test
37 prova <- c(1:nrow(oleifici))
38 df_perc <- data.frame(prova)
39 df_perc_kst <- data.frame(p_value=numeric(),
40     D=numeric(),
41     stringsAsFactors=FALSE)
42
43 ###Grass###
44 #Aggiungere campo "perc"
45 execGRASS("v.db.addcol", map="oleifici2", columns="perc double precision")
46
47 #Aggiunta dei valori di perc al vettore oleifici
48 execGRASS("v.what.rast", vector="oleifici2", raster=modello_da_testare,
  ↪  column="perc")
49 oleifici <- readVECT6("oleifici2")
50
51 ###LOOP KST TEST###
52 for(i in 1:nsim) {
53 #crea il file di punti casuali e aggiunge le colonne per perc, slope e
  ↪  altitudine(TODO)
54 execGRASS("r.random", flags="overwrite", input="dem", n=n_oleifici,
  ↪  vector_output="test")
55     #perc
56     execGRASS("v.db.addcol", map="test", columns="perc double precision")
57     execGRASS("v.what.rast", vector="test", raster=modello_da_testare,
  ↪  column="perc")
58 #importa in R
59     test_dist <- readVECT6("test")
60 #prende le colonne utili e le aggiunge al dataframe di R df_perc
61     #perc
62     df_perc[, "new.col"] <- test_dist$perc
63

```

```

64 #esegue i tests di Smirnov
65   #perc
66   ks_perc <- ks.test(oleifici$perc, df_perc$new.col)
67
68 #prende il risultato e lo inserisce come nuova riga nel data_frame di R
69 ↪ df_perc_kst
70   #perc
71   perc_newrow <- c(ks_perc$p.value, ks_perc$statistic)
72   df_perc_kst=rbind(df_perc_kst,perc_newrow)
73
74 #rinomina la nuova colonna con il numero progressivo
75   #perc
76   colnames(df_perc)[colnames(df_perc)=="new.col"] <- i
77
78 #random per kvamme si sovrascrive ma basta l'ultimo
79 random <- readVECT6("test")
80 #Elimina il file vettoriale test da grass
81 execGRASS("g.remove", vect="test")
82
83 #Pausa per evitare duplicati
84 Sys.sleep(0.8)
85 }
86
87 #elimina la prima colonna "prova" creata per creare il dataframe
88 df_perc[1] <- NULL
89
90 ###STAMPA GRAFICO OGIVE#####
91 #crea la percentuale cumulativa per oleifici
92   #perc
93 #creazione di alcune categorie per consentire la stampa delle ogive il risultato
94 ↪ e
95   breaks_perc = seq(0, 1, by=0.01)
96 #assegna il valore di perc di oleifici alle categorie
97   oleifici.cut = cut(oleifici$perc, breaks_perc, right=FALSE)
98 #conta per ogni categoria quanti oleifici sono presenti
99   oleifici.freq = table(oleifici.cut)
100 #trasforma il precedente in un dataframe in modo da avere i dati disposti su
101 ↪ colonne
102   cumfreq = data.frame(c(0, cumsum(oleifici.freq)))
103 #rinomina la colonna
104   colnames(cumfreq) <- c("somma")
105 #aggiunge la colonna percentuale cumulativa (parte da 0% e arriva a 100%)
106   cumfreq$perc <- (cumfreq$somma*100)/cumfreq$somma[nrow(cumfreq)]
107
108 #stampa il grafico delle ogive
109 pdf(paste0(ogive_files_path, modello_da_testare, "_ogive.pdf"))
110 plot(cumfreq$perc, xaxt = "n", main=paste0(nsim, " simulazioni"), cex.main=0.95,
111     xaxt = "n", type="l", col="black", ylim=c(0,100),
112     xlab="Probability", ylab="Cumulative percentage")
113 axis(1, at=seq(0, 100, by=10), labels=seq(0, 1, by=0.1))
114 legend(0,100, c("siti", "non-siti"), lwd=c(2.5,2.5), col=c("black", "gray"),
115     ↪ bty='n', cex=.75)
116
117 #aggiungi linee per non siti (crea perc cum per ogni test effettuato)
118 for(i in 1:nsim) {
119   test.cut = cut(df_perc[[i]], breaks_perc, right=FALSE)

```

```

116 test.freq = table(test.cut)
117 test_cumfreq = data.frame(c(0, cumsum(test.freq)))
118 colnames(test_cumfreq) <- c("somma")
119 test_cumfreq$perc <-
  ↪ (test_cumfreq$somma*100)/test_cumfreq$somma[nrow(test_cumfreq)]
120 lines(test_cumfreq$perc, type="l", col="gray")
121 }
122
123 #aggiungi linea dei siti
124 lines(cumfreq$perc, type="l", col="black")
125 dev.off()
126
127 #####FISHER TEST#####
128 #Fisher test
129 fish <- fisher.method(t(df_perc_kst[[1]]), method = c("fisher"),
130                       p.corr = c("none"), mc.cores=NULL)
131 #Esporta i file con il risultato del fisher test
132 sink(paste0(fisher_files_path, modello_da_testare, "_ftest.txt"))
133 cat(paste0("KST p-value: ", fish$p.value))
134 sink()
135 print(paste0("KST p-value:", fish$p.value))
136
137 #####GRAFICO KVAMME#####
138 #breaks
139 breaks_perc = seq(0, 1, by=0.1)
140 #assegna il valore di breaks
141 random_perc.cut = cut(random$perc, breaks_perc, right=FALSE)
142 #conta per ogni categoria quanti random sono presenti
143 random_perc.freq = table(random_perc.cut)
144 #CUMSUM, si aggiunge uno 0 per il grafico (a 0 ci sono sicuramente 0 individuati
145 #il primo valore indica quelli che ci sono fino a 0.1
146 random_perc_cumfreq = data.frame(c(0, cumsum(random_perc.freq)))
147 colnames(random_perc_cumfreq) <- c("somma")
148 #Cumperc
149 random_perc_cumfreq$ran_perc <- (random_perc_cumfreq$somma*100) /
  ↪ random_perc_cumfreq$somma[nrow(random_perc_cumfreq)]
150 print(random_perc_cumfreq)
151
152 #background
153 #importare raster
154 prob <- readRAST6(modello_da_testare)
155 #print(summary(prob))
156 r <- raster(prob)
157 r_prob <- as.data.frame(r)
158
159 #metti gli NA come 100 vengono poi eliminati in base ai breaks
160 r_prob[is.na(r_prob)] <- 100
161 #assegna il valore di breaks
162 r_prob_perc.cut <-
  ↪ cut(eval(parse(text=(paste0("r_prob$", modello_da_testare))))) , breaks_perc,
  ↪ right=FALSE)
163 #conta per ogni categoria
164 r_prob_perc.freq <- table(r_prob_perc.cut)
165 #trasforma in dataframe
166 raster_area = data.frame(c(0, r_prob_perc.freq))
167 colnames(raster_area) <- c("area")

```

```

168 #aggiunge percentuale
169 raster_area$perc <- (raster_area$area*100)/(sum(raster_area$area))
170 #sottrai i valori di percentuale a 100 in modo da avere i valori totali
171 #di percentuale superiori a quel livello
172 raster_area$cum_sum <- cumsum(raster_area$perc)
173 #elimina ultima riga non serve piu'
174 #raster_area <- raster_area[-c(10),]
175 #togli i nomi alle righe
176 rownames(raster_area) <- NULL
177 print(raster_area)
178
179
180 #oleifici
181 #assegna il valore di breaks
182 oleifici_perc.cut = cut(oleifici$perc, breaks_perc, right=FALSE)
183
184 #conta per ogni categoria quanti oleifici sono presenti
185 oleifici_perc.freq = table(oleifici_perc.cut)
186
187 #cumsum
188 oleifici_perc_cumfreq = data.frame(c(0, cumsum(oleifici_perc.freq)))
189 colnames(oleifici_perc_cumfreq) <- c("somma")
190
191 #sottrae il totale ad ogni categoria per avere il numero di quelli che sono
192 ↪ correttamente individuati
193 oleifici_perc_cumfreq$somma <-
194 (oleifici_perc_cumfreq$somma - length(oleifici[1]))
195
196 #Cumperc
197 oleifici_perc_cumfreq$ol_perc <-
198 (oleifici_perc_cumfreq$somma*100)/oleifici_perc_cumfreq$somma[[1]]
199
200 #unisce i due data_frame
201 unito <- data.frame(cbind(oleifici_perc_cumfreq$ol_perc,
202 ↪ random_perc_cumfreq$ran_perc, raster_area$cum_sum))
203 colnames(unito) <- c("ol_perc", "ran_perc", "back_perc")
204
205 #stampa il grafico
206 pdf(paste0(kvamme_files_path, modello_da_testare, "_kvamme_graph.pdf"))
207 plot(unito$ol_perc, xaxt = "n", type="o", col="black", ylim=c(0,100),
208 xlab="Predicted Site Probability", ylab="Correct predictions (%)")
209 lines(unito$ran_perc, type="o", col="gray")
210 lines(unito$back_perc, lty=2, col="gray")
211 axis(1, at=1:11, labels=seq(0, 1, by=0.1))
212 legend(9,90, c("siti","non-siti","background"), lwd=c(2.5,2.5,2.5),
213 ↪ col=c("black","gray","gray"), lty=c(1,1,3), bty='n', cex=.75)
214 dev.off()
215 print("tutto ok!")

```

A.7 Valutazione Modello 2

```

1 #!/usr/bin/env Rscript
2 library(spgrass6)
3 library(xtable)
4 library(raster)

```



```

5 options(scipen=999)
6
7 #####DEFINIZIONE PATHS E VARIABILI UTILIZZATE####
8 ##### DA CONFIGURARE #####
9
10 #Path di sistema Linux
11 loc <- initGRASS("/usr/lib/grass64", home=tempdir(),
12   ↪ gisDbase="/media/data/grass",
13     location="Tunisia", mapset="mod_pred", override=TRUE)
14
15 #Directories
16 kvamme_tab_files_path <-c("07_kvamme/")
17 dir.create(kvamme_tab_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
18
19 #Rownames
20 rownames <- c(">0.1", ">0.2", ">0.3",
21   ↪ ">0.4", ">0.5", ">0.6", ">0.7", ">0.8", ">0.9")
22
23 ###import e lettura valori
24 oleifici <-
25   ↪ c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/oleifici/oleifici_def.shp")
26 execGRASS("v.in.ogr", dsn=oleifici, output="oleifici2", flags=c("overwrite"))
27
28 modello_da_testare <- "prop_glm_surf"
29 ###Grass###
30 execGRASS("v.db.addcol", map="oleifici2", columns="perc double precision")
31 execGRASS("v.what.rast", vector="oleifici2", raster=modello_da_testare,
32   ↪ column="perc")
33 #Importare il vettore da grass
34 oleifici <- readVECT6("oleifici2")
35 execGRASS("v.what.rast", vector="random", raster=modello_da_testare,
36   ↪ column="perc")
37 ###Import in R
38 random <- readVECT6("random")
39 ### KVAMME'S GAIN ###
40 ### gestione raster ###
41 #importare raster
42 prob <- readRAST6(modello_da_testare)
43 #print(summary(prob))
44 r <- raster(prob)
45 r_prob <- as.data.frame(r)
46 #Definisci i breaks
47 breaks = seq(0, 1, by=0.1)
48 #metti gli NA come 100 vengono poi eliminati in base ai breaks
49 r_prob[is.na(r_prob)] <- 100
50 #assegna il valore di breaks
51 r_prob_perc.cut <-
52   ↪ cut(eval(parse(text=(paste0("r_prob$", modello_da_testare)))), breaks,
53     ↪ right=FALSE)
54 #conta per ogni categoria
55 r_prob_perc.freq <- table(r_prob_perc.cut)
56 #trasforma in dataframe
57 raster_area = data.frame(c(r_prob_perc.freq))
58 colnames(raster_area) <- c("area")
59 #aggiunge percentuale
60 raster_area$perc <- (raster_area$area*100)/(sum(raster_area$area))

```

```

56 #sottrai i valori di percentuale a 100 in modo da avere i valori totali
57 #di percentuale superiori a quel livello
58 raster_area$cum_sum <- 100-cumsum(raster_area$perc)
59 #elimina ultima riga non serve piu'
60 raster_area <- raster_area[-c(10),]
61 #togli i nomi alle righe
62 rownames(raster_area) <- NULL
63
64 ### gestione oleifici ###
65 #assegna il valore di breaks agli oleifici
66 oleifici_perc.cut = cut(oleifici$perc, breaks, right=FALSE)
67 #conta per ogni categoria quanti oleifici sono presenti
68 oleifici_perc.freq = table(oleifici_perc.cut)
69 #trasforma in dataframe
70 oleifici_num = data.frame(c(oleifici_perc.freq))
71 colnames(oleifici_num) <- c("num")
72 #percentuale
73 oleifici_num$perc <- (oleifici_num$num*100)/(sum(oleifici_num$num))
74 #sottrai i valori di percentuale a 100 in modo da avere i valori totali
75 #di percentuale superiori a quel livello
76 oleifici_num$cum_perc <- 100-cumsum(oleifici_num$perc)
77 #salva una copia per dopo per calcolare kvamme1988, p.400
78 oleifici_num2 <- oleifici_num
79 #elimina ultima riga
80 oleifici_num <- oleifici_num[-c(10),]
81 #togli i nomi alle righe
82 rownames(oleifici_num) <- NULL
83
84 ### generazione tabella ###
85 #unisici le percentuali di area ed oleifici
86 kvamme <- data.frame(cbind(raster_area$cum_sum, oleifici_num$cum_perc))
87 colnames(kvamme) <- c("Area", "Oleifici")
88 #formula di kvamme
89 kvamme$kvamme <- (1-(kvamme$Area)/(kvamme$Oleifici))
90 #rinomina righe
91 rownames(kvamme) <- rownames
92 colnames(kvamme) <- c("Area %", "Ole. %", "K's gain")
93 #sostituzioni per migliorare aspetto tabelle
94 tab = print(xtable(kvamme, digits=c(1,1,1,2)))
95 tab = sub("\\begin{tabular}{rrrr}\n \\hline",
96
↪ "\\rowcolors{2}{gray!25}{white}\n\\begin{tabular}{rrrc}\n\\toprule",
97 tab, fixed=TRUE)
98 tab = sub("\\begin{table}", "", tab, fixed=TRUE)
99 tab = sub("& Area", "Prob. & Area", tab, fixed=TRUE)
100 tab = sub("\\hline\n\\end{tabular}\n\\end{table}",
101 "\\bottomrule\n\\end{tabular}", tab, fixed=TRUE)
102 tab = sub("\\hline", "\\midrule", tab, fixed=TRUE)
103 tab = sub("[ht]", "", tab, fixed=TRUE)
104 # esporta tabella
105 cat(tab, file=paste0(kvamme_tab_files_path, modello_da_testare,
↪ "_kvamme_gain.txt"))
106
107 ### KVAMME'S T ###
108 #siti predetti correttamente

```

```

109     oleifici_num2$$s_pred <-
110     ↪ (sum(oleifici_num2$num))-(cumsum(oleifici_num2$num))
111     #siti non predetti
112     oleifici_num2$$s_non_pred <-
113     ↪ (sum(oleifici_num2$num))-(oleifici_num2$$s_pred)
114     #elimina ultima riga
115     oleifici_num2 <- oleifici_num2[-c(10),]
116     rownames(oleifici_num2) <- rownames
117
118     ### gestione non siti (random)###
119     #stesso procedimento di prima
120     breaks_perc_non_siti = seq(0, 1, by=0.1)
121     non_siti_perc.cut = cut(random$perc, breaks_perc_non_siti, right=FALSE)
122     non_siti_perc.freq = table(non_siti_perc.cut)
123     non_siti_num = data.frame(c(non_siti_perc.freq))
124     colnames(non_siti_num) <- c("num")
125     non_siti_num$perc <- (non_siti_num$num*100)/(sum(non_siti_num$num))
126     non_siti_num$cum_perc <- 100-cumsum(non_siti_num$perc)
127     non_siti <- non_siti_num
128     #non siti predetti scorrettamente
129     non_siti$ns_pred <- (sum(non_siti$num))-(cumsum(non_siti$num))
130     #non siti non predetti correttamente
131     non_siti$ns_non_pred <- (sum(non_siti$num))-(non_siti$ns_pred)
132     #elimina ultima riga
133     non_siti <- non_siti[-c(10),]
134     rownames(non_siti) <- rownames
135     #unisci
136     kvammeT <- data.frame(cbind(oleifici_num2$num, non_siti$num,
137     oleifici_num2$$s_pred, oleifici_num2$$s_non_pred,
138     non_siti$ns_pred, non_siti$ns_non_pred))
139
140     colnames(kvammeT) <- c("n_s", "n_ns", "s_pred", "s_non_pred", "ns_pred",
141     ↪ "ns_non_pred")
142     rownames(kvammeT) <- rownames
143
144     #kvamme's T formula
145     kvammeT$kvamme_T <- (((sum(kvammeT$n_s) + sum(kvammeT$n_ns))*
146     ((kvammeT$$s_pred *
147     ↪ kvammeT$ns_non_pred)-(kvammeT$$s_non_pred*kvammeT$ns_pred))^2))/
148     (sum(kvammeT$n_s) *
149     ↪ sum(kvammeT$n_ns)*(kvammeT$$s_pred+kvammeT$ns_pred)*
150     (kvammeT$$s_non_pred+kvammeT$ns_non_pred))
151
152     kvammeT$p_value <- 1-pchisq(kvammeT$kvamme_T,1)
153     ### generazione tabella ##
154     kvammeT$n_s <- NULL
155     kvammeT$n_ns <- NULL
156
157     colnames(kvammeT) <- c("a", "b", "c", "d", "Kvamme's T", "p-value")
158
159     #sostituzioni per migliorare aspetto tabelle
160     tab = print(xtable(kvammeT, digits=c(0,0,0,0,0,2,15)))
161     tab = sub("\\begin{tabular}{rrrrrr}\n \\hline",
162     ↪ "\\rowcolors{2}{gray!25}{white}\n\\begin{tabular}{rrrrrr}\n\\toprule",
163     tab, fixed=TRUE)

```

```

159     tab = sub("\\begin{table}", "", tab, fixed=TRUE)
160     tab = sub(" & a", "Valori & a", tab, fixed=TRUE)
161     tab = sub("\\hline\n\\end{tabular}\n\\end{table}",
162             "\\bottomrule\n\\end{tabular}", tab, fixed=TRUE)
163     tab = sub("\\hline", "\\midrule", tab, fixed=TRUE)
164     tab = sub("[ht]", "", tab, fixed=TRUE)
165     # esporta tabella
166     cat(tab, file=paste0(kvamme_tab_files_path, modello_da_testare, "_kvamme_T.txt"))
167     print("tutto ok")

```

A.8 MCE

```

1  #Importare libreria per utilizzare grass all'interno di R
2  library(spgrass6)
3  library(raster)
4  library(xtable)
5  options(scipen=999)
6
7  #Path di sistema Linux
8  loc <- initGRASS("/usr/lib/grass64", home= tempdir(),
9  ↪   gisDbase="/media/data/grass",
10 ↪   location="Tunisia", mapset="MultiCriteria", override=TRUE)
11
12 dem <- c("/media/data/Cartografia/tunisia/raster/dem_orig.tif")
13 fiumi <- c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/fiumi/fiumi.shp")
14 sorgenti <- c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/sorgenti/sorgenti.shp")
15 citta <- c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/citta/citta.shp")
16 area <-
17 ↪   c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/area_interesse/area_interesse2.shp")
18 geologica <-
19 ↪   c("/media/data/Cartografia/tunisia/vector/geologica/gologica_clip4.shp")
20
21 pesi <-
22 ↪   c(0.281297207,0.227725218,0.132558980,
23 ↪   0.131210700,0.10634821,0.065190684,0.056047852)
24
25 reclass_files_path <-c("08_MCE/rec/")
26 dir.create(reclass_files_path, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
27 outfile <- c("08_MCE/out/")
28 dir.create(outfile, showWarnings = FALSE, recursive = TRUE)
29
30 ##valori di riclassificazione
31 #slope
32 slope_rec <- data.frame(c(
33 "0:4:-0.4",
34 "3:10:1",
35 "10:14:0.7",
36 "14:20:0.3",
37 "20:50:-1"))
38
39 #aspect
40 aspect_rec <- data.frame(c(
41 "1000:1000:0",
42 "22.5:67.499:0",
43 "67.5:112.499:0",

```

```

41 "112.5:157.499:0.5",
42 "157.5:202.499:0.5",
43 "202.5:247.499:0.5",
44 "247.5:292.499:0.3",
45 "292.5:337.499:0",
46 "337.5:360:0",
47 "0.0001:22.499:0"))
48
49 #tidx
50 tidx_rec <- data.frame(c(
51 "0:5:1",
52 "5:7:0.5",
53 "7:9:0",
54 "9:11:-0.5",
55 "11:50:-1"))
56
57 #dem
58 dem_rec <- data.frame(c(
59 "0:800:0",
60 "800:1000:-0.5"
61 ))
62
63
64 ##### INIZIO SCRIPT #####
65 #pulizia
66 system("rm -rf /media/data/grass/Tunisia/mce/.tmp/alek-pc/*")
67 execGRASS("r.mask", flags="r")
68
69 ##Importare dem.tif e adattare la region al nuovo raster
70 execGRASS("r.in.gdal", input=dem, output="dem", flag=c("overwrite", "e", "o"))
71
72 ##region
73 execGRASS("g.region", rast="dem", res="30")
74 execGRASS("r.mask", flags="r")
75
76
77 #Creazione raster indice topografico
78 execGRASS("r.topidx", input="dem", output="tidx", flags=c("overwrite"))
79
80 ##Creazione di raster slope e aspect pcurv
81 execGRASS("r.slope.aspect", flags="overwrite", parameters=list(elevation="dem",
82 slope="slope", pcurv="pcurv",
83 format="degrees", aspect="aspect", min_slp_allowed=1))
84
85 ##Creazione raster cost-acqua
86 #Importare vettore
87 execGRASS("v.in.ogr", dsn=fiumi, layer="fiumi", output="fiumi",
88 flags=c("overwrite", "o"))
89 #rasterizzare
90 execGRASS("v.to.rast", input="fiumi", output="fiumi_raster", value=1,
91 use="val", flags=c("overwrite"))
92 execGRASS("r.null", map="fiumi_raster", null=0)
93
94 #Creazione raster sorgenti
95 #importare vettore
96 execGRASS("v.in.ogr", dsn=sorgenti, layer="sorgenti", output="sorgenti",

```

```

97         flags=c("overwrite", "o"))
98     execGRASS("v.to.rast",input="sorgenti", output="sorgenti_raster",
↪ value=1,
99         use="val", flags=c("overwrite"))
100     execGRASS("r.null", map="sorgenti_raster", null=0)   ####
101
102 #Sommare
103     execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
104         formula="sorgenti_raster", outfile="acqua")
105     execGRASS("r.null", map="acqua", setnull="0")
106
107     execGRASS("r.to.vect", input="acqua", output="acqua_punti",
108         feature="point", flags=c("overwrite"))
109
110 #generazione raster a_cost
111     execGRASS("r.cost", input="slope", output="a_cost",
112         start_rast="acqua", flags=c("overwrite"))
113     print("attendi")
114
115 ##Creazione raster cost-citta
116     execGRASS("v.in.ogr", dsn=citta, layer="citta", output="citta",
117         flags=c("overwrite", "o"))
118     execGRASS("v.to.rast",input="citta", output="citta_raster", value=1,
119         use="val", flags=c("overwrite"))
120     execGRASS("r.cost", input="slope", output="c_cost",
121         start_rast="citta_raster", flags=c("overwrite"))
122
123     ### Geologica
124 #Importare vettore
125     execGRASS("v.in.ogr", dsn=geologica, output="geologica",
126         flags=c("overwrite", "o"))
127 #rasterizzare
128     execGRASS("v.to.rast",input="geologica", output="geologica_raster", value=1,
129         use="attr", column="id_mce2", flags=c("overwrite"))
130     execGRASS("r.null", map="geologica_raster", null=0)
131
132 ## MASK
133     execGRASS("v.in.ogr", dsn=area, output="limite", flags=c("overwrite",
↪ "o"))
134     execGRASS("v.to.rast",input="limite", output="limite", value=1,
135         use="val", flags=c("overwrite"))
136
137     execGRASS("r.buffer", input="limite", output="limite2",
138         distances=1000, flags=c("overwrite"))
139
140     execGRASS("r.mask", flags="o", input="limite2")
141
142 ## Riclassificazione
143
144 ##Aspect
145 #creazione file di recalssificazione aspect
146     colnames(aspect_rec) <- c("classi")
147
148     aspect_nom <- data.frame(c("Flat", "NE", "N", "NO", "O", "SO", "S", "SE", "E"))
149     colnames(aspect_nom) <- c("classi")
150

```

```

151     sink(paste0(reclass_files_path, "aspect_reclass.txt"))
152 for(i in 1:length(aspect_rec$classi)) {
153     cat(paste0(aspect_rec$classi[i], "\n"))
154 }
155     sink()
156
157 # reclass aspect ##
158     execGRASS("r.null", map="aspect", null=1000)
159
160     execGRASS("r.recode", flags="overwrite",
161             input="aspect",
162             output="aspect_r",
163             rules=paste0(reclass_files_path, "aspect_reclass.txt")
164     )
165
166 ##Slope
167 #creazione file di recalssificazione slope
168 colnames(slope_rec) <- c("classi")
169
170     sink(paste0(reclass_files_path, "slope_reclass.txt"))
171 for(i in 1:length(slope_rec$classi)) {
172     cat(paste0(slope_rec$classi[i], "\n"))
173 }
174     sink()
175
176 # grass reclass slope ##
177     execGRASS("r.recode", flags="overwrite",
178             input="slope",
179             output="slope_r",
180             rules=paste0(reclass_files_path, "slope_reclass.txt")
181     )
182
183 ##Tidx
184 #creazione file di recalssificazione tidx
185 colnames(tidx_rec) <- c("classi")
186
187     sink(paste0(reclass_files_path, "tidx_reclass.txt"))
188 for(i in 1:length(tidx_rec$classi)) {
189     cat(paste0(tidx_rec$classi[i], "\n"))
190 }
191     sink()
192
193 # grass reclass tidx ##
194     execGRASS("r.recode", flags="overwrite",
195             input="tidx",
196             output="tidx_r",
197             rules=paste0(reclass_files_path, "tidx_reclass.txt")
198     )
199
200 ##dem
201 #creazione file di recalssificazione dem
202 colnames(dem_rec) <- c("classi")
203
204     sink(paste0(reclass_files_path, "dem_reclass.txt"))
205 for(i in 1:length(dem_rec$classi)) {
206     cat(paste0(dem_rec$classi[i], "\n"))

```

```

207 }
208     sink()
209
210 # grass reclass dem ##
211     execGRASS("r.recode", flags="overwrite",
212             input="dem",
213             output="dem_r",
214             rules=paste0(reclass_files_path, "dem_reclass.txt")
215         )
216
217 execGRASS("r.rescale", input="c_cost", output="c_cost_r", from=c(0,1480.0),
218         to=c(1000,-1000), flags=c("overwrite"))
219 execGRASS("r.rescale", input="a_cost", output="a_cost_r", from=c(0,1263.0),
220         to=c(1000,-1000), flags=c("overwrite"))
221
222 ### CREAZIONE CARTA OLIVO ###
223 c_cost_r <- readRAST6("c_cost_r")
224 a_cost_r <- readRAST6("a_cost_r")
225 geologica_raster<- readRAST6("geologica_raster")
226 slope_r<- readRAST6("slope_r")
227 aspect_r<- readRAST6("aspect_r")
228 tid_x_r<- readRAST6("tid_x_r")
229 dem_r<- readRAST6("dem_r")
230
231 summary(a_cost_r)
232
233 #invertire i valori del raster (valori bassi = positivo) e riportarli a scala 1
234 ↪ -1
234 c_cost_r$c_cost_r <- -1 * c_cost_r$c_cost_r/1000
235 a_cost_r$a_cost_r <- -1 * a_cost_r$a_cost_r/1000
236
237 summary(a_cost_r)
238
239 slope_r$slope_r <- slope_r$slope_r*pesi[1] +
240     tid_x_r$tidx_r*pesi[2] +
241     aspect_r$aspect_r*pesi[3] +
242     geologica_raster$geologica_raster*pesi[4] +
243     c_cost_r$c_cost_r*pesi[5] +
244     dem_r$dem_r*pesi[5] +
245     a_cost_r$a_cost_r*pesi[6]
246
247 writeRaster(raster(slope_r), filename=paste0(outfile, "olivo.tif"),
248     format="GTiff", overwrite = T)
249 execGRASS("r.in.gdal", input=paste0(outfile, "olivo.tif"), output="olivo",
250     flag=c("overwrite", "e", "o"))
251
252 summary(slope_r)
253
254 stop("OK!!")

```

A.9 Calcolo Produttività

```

1 #!/usr/bin/env Rscript
2
3 library(RPostgreSQL)

```



```
4 library(xtable)
5
6 path <- c("Scripts/generazione_territori/calcolo_produttivita/out/")
7
8 ## loads the PostgreSQL driver
9 drv <- dbDriver("PostgreSQL")
10
11 ## Open a connection
12 con <- dbConnect(drv, dbname="tunisia", host="localhost", user="postgres",
13   ↪ password="----")
14
15 ### SELEZIONA I DATI DAL DATABASE ###
16 df.volume <- dbGetQuery(con, "
17     select id_el, ll, lb, h, (ll*lb*h)/1000 as volume
18     from t_tor
19     where h > 22
20     and h < 90
21     and ll < 270
22     and tipologia='contrappeso'
23     and s_ll='definito'
24     and s_lb='definito'
25     and s_h='definito' order by volume")
26
27 ##MISURE CONTRAPPESI
28 solo_h <- dbGetQuery(con, "
29     select id_el, ll, lb, h
30     from t_tor
31     where tipologia='contrappeso'
32     and s_ll!='definito'
33     and s_lb!='definito'
34     and s_h='definito'")
35
36 solo_ll <- dbGetQuery(con,
37   "select id_el, ll, lb, h
38   from t_tor
39   where tipologia='contrappeso'
40   and s_ll='definito'
41   and s_lb!='definito'
42   and s_h='definito'")
43
44 solo_lb <- dbGetQuery(con,
45   "select id_el, ll, lb, h
46   from t_tor
47   where tipologia='contrappeso'
48   and s_ll!='definito'
49   and s_lb='definito'
50   and s_h='definito'")
51
52 h_lb <- dbGetQuery(con,
53   "select id_el, NULL as ll, lb, h
54   from t_tor
55   where tipologia='contrappeso'
56   and s_ll!='definito'
57   and s_lb='definito'
58   and s_h='definito'")
59
60 h_ll <- dbGetQuery(con,
61   "select id_el, ll, NULL as lb, h
62   from t_tor
63   where tipologia='contrappeso'
64   and s_ll='definito'
```

```

59         and s_lb!='definito'
60         and s_h='definito'")
61 lb_ll <- dbGetQuery(con,
62     "select id_el, ll, lb, NULL as h
63     from t_tor
64     where tipologia='contrappeso'
65     and s_ll='definito'
66     and s_lb='definito'
67     and s_h!='definito'")
68 tutte <- dbGetQuery(con,
69     "select id_el, ll, lb, h
70     from t_tor
71     where tipologia='contrappeso'
72     and s_ll='definito'
73     and s_lb='definito'
74     and s_h='definito'")
75 nessuna <- dbGetQuery(con,
76     "select id_el, ll, lb, h
77     from t_tor
78     where tipologia='contrappeso'
79     and s_ll!='definito'
80     and s_lb!='definito'
81     and s_h!='definito'")
82
83 #Unisce, formato id_el, ll, lb, h
84 totale <- rbind(solo_h, solo_ll, solo_lb, h_lb, h_ll, lb_ll, tutte, nessuna)
85
86 ##Istogrammi di tutte le dimensioni
87 tutte_h <- dbGetQuery(con,
88     "select id_el, h
89     from t_tor
90     where tipologia='contrappeso'
91     and s_h='definito'")
92 tutte_ll <- dbGetQuery(con,
93     "select id_el, ll
94     from t_tor
95     where tipologia='contrappeso'
96     and s_ll='definito'
97     and ll <250 and ll > 50")
98 tutte_lb <- dbGetQuery(con,
99     "select id_el, lb
100    from t_tor
101    where tipologia='contrappeso'
102    and s_lb='definito'")
103
104 ##Funzione per stampare tutti gli istogrammi
105 histogram <- function(var,titolo){
106     pdf(paste0(path, "istogramma_", deparse(substitute(var)), ".pdf"))
107     hist(var[[2]], breaks=10, xlab=titolo, main=paste0(titolo, "
108     ↪ contrappesi"))
109     dev.off()
110 }
111 histogram(tutte_h,"Altezze")
112 histogram(tutte_ll, "Lato lungo")
113 histogram(tutte_lb, "Lato breve")

```

```

114 histogram(df.volume, "Volume")
115
116
117 ##SOLO_LL (stima il volume quando e' conservato solo il lato_lungo)
118 glm.solo_ll <- glm(volume ~ ll, data=df.volume)
119 summary(glm.solo_ll)
120 solo_ll.volume <- data.frame(volume=predict(glm.solo_ll, solo_ll,
121   ↪ interval="predict"))
122
122 solo_ll.def <- cbind(solo_ll, solo_ll.volume)
123
124 print(solo_ll.def)
125 print(tutte)
126
127 ##SI STIMANO LE MISURE MANCANTI SECONDO LA RELAZIONE LL=2H=2LB
128   ##H_LB
129   print(h_lb)
130   h_lb$ll <- ((h_lb$lb+h_lb$h)/2)*2
131   print(h_lb)
132
133   ##H_LL
134   print(head(h_ll))
135   h_ll$lb <- (h_ll$h)
136   print(head(h_ll))
137
138   ##LB_LL
139   print(head(lb_ll))
140   lb_ll$h <- (lb_ll$lb)
141   print(head(h_ll))
142
143 ##Calcola il volume in decimetri cubi
144 contrappesi_almeno_2_misure <- rbind(tutte,lb_ll,h_ll,h_lb)
145 contrappesi_almeno_2_misure$volume <- (contrappesi_almeno_2_misure$ll *
146   ↪ contrappesi_almeno_2_misure$lb * contrappesi_almeno_2_misure$h)/1000
147 ##Aggiungi anche il volume stimato per i solo_ll
148 contrappesi_almeno_2_misure <- rbind(contrappesi_almeno_2_misure,solo_ll.def)
149 ##Aggiungi i kg di olio al giorno: volume/1.504133
150 contrappesi_almeno_2_misure$olio <- contrappesi_almeno_2_misure$volume/1.504133
151
151 print(head(contrappesi_almeno_2_misure))
152 #stop("vede")
153
154 sql1 <- "DROP TABLE IF EXISTS dottorato.contrappesi_almeno_2_misure"
155 sql2 <- "CREATE TABLE dottorato.contrappesi_almeno_2_misure (id_el character
156   ↪ varying(20) CONSTRAINT contrappesi_almeno_2_misure_pkey PRIMARY KEY,
157   ll real,
158   lb real,
159   h real,
160   volume real);"
161 dbGetQuery(con, sql1)
162 dbGetQuery(con, sql2)
163
163 # #inserisci i dati riga per riga
164 for (i in 1:nrow(contrappesi_almeno_2_misure)) {

```

```

165     sql3 <- paste0("insert into dottorato.contrappesi_almeno_2_misure
↳ (id_el,ll,lb,h,volume) VALUES ('", contrappesi_almeno_2_misure$id_el[i], "',
↳ '", contrappesi_almeno_2_misure$ll[i], "',
↳ '", contrappesi_almeno_2_misure$lb[i], "', '",
166     contrappesi_almeno_2_misure$h[i], "',
↳ '", contrappesi_almeno_2_misure$volume[i], "')")
167     dbGetQuery(con, sql3)
168 }
169
170 ##### ARAE #####
171 ###Crea una vista con le arae con info complete
172 sql1 <- "drop view if exists dottorato.arae"
173 sql2 <- "create view dottorato.arae as
174     select site_id, id_el, diam_i_larghezza
175     from t_tor
176     where diam_i_larghezza is not null
177     and tipologia='ara'"
178
179 sql3 <- "select * from dottorato.arae"
180
181 dbGetQuery(con, sql1)
182 dbGetQuery(con, sql2)
183 #legge i dati
184 arae_diametro_conservato <- dbGetQuery(con,sql3)
185 arae_diametro_conservato$superficie <-
↳ ((as.numeric(arae_diametro_conservato$diam_i_larghezza)/2)^2)*3.1415926535
186 arae_diametro_conservato$olio <- (arae_diametro_conservato$superficie/26.46930)
187
188
189 ##### UNISCI ARAE E CONTRAPPESI PER FARE LA MEDIA DA USARE PER QUELLI NON MISURATI
↳ #####
190 arae_e_contrappesi <-
191     rbind((arae_diametro_conservato[,c("id_el","olio")]),
192           (contrappesi_almeno_2_misure[,c("id_el","olio")]))
193
194 print(arae_e_contrappesi)
195
196 ##Trimmed mean 5%
197 trimmed_mean <- mean(arae_e_contrappesi$olio, trim=0.05)
198 print(trimmed_mean)
199
200 ### CONTA GLI ELEMENTI MISURATI ALL'INTERNO DI OGNI SITO E DETERMINA QUELLI DA
↳ STIMARE###
201 #conta le arae misurate per ogni sito ##
202 #data frame vuoto riempito dal loop in questo formato: site_id, numero di arae
↳ conservate in quel sito
203 n_arae_x_sito <- data.frame()
204 for (a in unique(arae_diametro_conservato$site_id)){
205     sub <- subset(arae_diametro_conservato, site_id == a)
206     somma_sito <- nrow(sub)
207     sito_e_arae <- data.frame(sub$site_id[1], somma_sito)
208     n_arae_x_sito <- rbind(n_arae_x_sito, sito_e_arae)
209 }
210 #print(n_arae_x_sito)
211
212 ##conta i contrappesi misurati per ogni sito

```

```

213 contrappesi_almeno_2_misure$site_id= substr(contrappesi_almeno_2_misure$id_el,
    ↪ 0,5)
214 print(contrappesi_almeno_2_misure)
215 n_contr_x_sito <- data.frame()
216 for (a in unique(contrappesi_almeno_2_misure$site_id)){
217     sub <- subset(contrappesi_almeno_2_misure, site_id == a)
218     somma_sito <- nrow(sub)
219     print (sub)
220     sito_e_contr <- data.frame(sub$site_id[1], somma_sito)
221     n_contr_x_sito <- rbind(n_contr_x_sito, sito_e_contr)
222 }
223 print(n_contr_x_sito)
224
225 ##somma i contrappesi e le arae conservate per sito
226 a <- rbind(n_arae_x_sito, n_contr_x_sito)
227 print(nrow(n_arae_x_sito))
228 print(nrow(n_contr_x_sito))
229 print(nrow(a))
230 colnames(a) <- c("site_id", "count")
231 print(head(a))
232 elementi_uniti <- aggregate(a$count, by=list(a$site_id), FUN=sum)
233 colnames(elementi_uniti) <- c("site_id", "count")
234 print("elementi_uniti")
235 print(elementi_uniti)
236
237 ### NUMERO MINIMO DI TORCHI PER SITO ###
238
239 ## Open a connection
240 con <- dbConnect(drv, dbname="tunisia", host="localhost", user="postgres",
    ↪ password="----")
241
242 ##Questo conta in maniera automatica, e' disattivata per usare invece la tabella
    ↪ dei torchi
243 ##verificata manualmente
244     ##torchi <- dbGetQuery(con,
245     ##                                "select site_id, tipologia,
    ↪ count(tipologia)
246     ##                                from t_tor
247     ##                                group by site_id, tipologia
248     ##                                order by site_id, count desc")
249     ##
250     ##somma_siti <- data.frame()
251     ##for (sito in unique(torchi$site_id)){
252     ##         sub <- subset(torchi, site_id == sito)
253     ##         #Seleziona l'elemento piu' rappresentato nel sito
254     ##         max <- max(sub$count)
255     ##         def <- data.frame(sub$site_id[1], max)
256     ##         #print(def)
257     ##         somma_siti <- rbind(somma_siti, def)
258     ##         }
259     ###write.table(somma_siti, paste0(path, "ntorchi.csv"), sep="\t")
260     ##colnames(somma_siti) <- c("site_id", "count")
261
262 somma_siti <- dbGetQuery(con, "select site_id, numero_torchi_verificato as count
    ↪ from numero_presse
    ↪ order by site_id")

```

```

265
266 #moltiplico per -1 in modo da avere numeri negativi perche' la funzione
    ↪ differenza
267 ##di aggregate da problemi nel caso manchi uno dei due valori invece la funzione
268 ##somma non da problemi
269
270 somma_siti$count <- somma_siti$count * -1
271 print("somma_siti")
272 print(somma_siti)
273
274 ##determina quanti sono gli elementi da stimare per ogni sito sottraendo
275 ##(sommando un numero negativo) il numero delle presse al numero di elementi
    ↪ misurati
276
277     da_sottrarre <- rbind(elementi_uniti, somma_siti)
278     elementi_da_stimare <- aggregate(da_sottrarre$count,
    ↪ by=list(da_sottrarre$site_id), FUN=sum, na.rm=TRUE)
279     colnames(elementi_da_stimare) <- c("site_id", "count")
280     print("elementi_da_stimare")
281     print(elementi_da_stimare)
282     print(nrow(elementi_da_stimare))
283     elementi_da_stimare$count <- elementi_da_stimare$count*-1
284     #riporta somma_siti positivo
285     somma_siti$count <- somma_siti$count * -1
286
287
288 print(arae_diametro_conservato)
289 arae_e_contrappesi <-
    ↪ rbind((arae_diametro_conservato[,c("site_id","id_el","olio")]),
    ↪ (contrappesi_almeno_2_misure[,c("site_id","id_el","olio")]))
290 print(elementi_da_stimare)
291 definitivo <- data.frame()
292 for (sito in unique(somma_siti$site_id)) {
293     sub_elementi_da_stimare <- subset(elementi_da_stimare, site_id==sito)
294     #seleziona gli elementi di un sito
295     sub_arae_e_contrappesi <- subset(arae_e_contrappesi, site_id==sito)
296
297     #Se ci sono troppi elementi misurati rispetto al numero di torchi
298     if (sub_elementi_da_stimare$count<0) {
299         i=1
300         #elimina il valore massimo per n volte (il numero di elementi
    ↪ eccedenti)
301         for (i in 1:(sub_elementi_da_stimare$count*-1)) {
302             sub_arae_e_contrappesi <- subset(sub_arae_e_contrappesi,
    ↪ olio!=max(arae_e_contrappesi$olio))
303             i=i+1
304         }
305         #aggiunge i valori rimasti al dataframe "definitivo"
306         definitivo <- rbind(definitivo, sub_arae_e_contrappesi)
307     }
308     #Se ci sono valori da stimare
309     if (sub_elementi_da_stimare$count>0){
310         #aggiunge gli elementi misurati
311         definitivo <- rbind(definitivo,sub_arae_e_contrappesi)
312         #poi aggiunge il valore trimmed mean n volte (il numero di
    ↪ elementi mancanti)

```

```

313         for (i in 1:(sub_elementi_da_stimare$count)){
314             da_stimare <- data.frame(site_id=sito, id_el=paste0(sito,
↪ "STIMATO"), olio=trimmed_mean)
315             definitivo <- rbind(definitivo,da_stimare)
316         }
317     }
318     #Se il numero di elementi misurati corrisponde a quello dei torchi
319     if (sub_elementi_da_stimare$count==0){
320         definitivo <- rbind(definitivo,sub_arae_e_contrappesi)
321     }
322 }
323
324 #Olio effettivo stimando imprevisti, giorni non lavorati, pulizia ecc
325 definitivo$olio_teorico <- definitivo$olio*0.75*0.75
326 #Olio anno, considerando 90 giorni
327 definitivo$olio_anno <- definitivo$olio_teorico*90
328 #Superficie oliveti
329     ##Resa olive
330     resa <- c(0.2, 0.25)
331     ##Kg per albero
332     kg_albero <- c(45, 60)
333     ##Alberi per ettaro
334     alb_ha <- 75
335
336     definitivo$ip_1 <- ((definitivo$olio_anno/resa[1])/kg_albero[1])/75
337     definitivo$ip_2 <- ((definitivo$olio_anno/resa[1])/kg_albero[2])/75
338     definitivo$ip_3 <- ((definitivo$olio_anno/resa[2])/kg_albero[1])/75
339     definitivo$ip_4 <- ((definitivo$olio_anno/resa[2])/kg_albero[2])/75
340     definitivo$ip_5 <- ((definitivo$olio_anno/resa[2])/kg_albero[2])/110
341
342 somma_per_sito <- aggregate(definitivo[,c("olio","olio_teorico","olio_anno",
↪ "ip_1","ip_2","ip_3","ip_4", "ip_5")], by=list(definitivo$site_id), FUN=sum)
343
344     somma_per_sito$r_1 <- (sqrt((somma_per_sito$ip_1*10000)/3.1415))
345     somma_per_sito$r_2 <- (sqrt((somma_per_sito$ip_2*10000)/3.1415))
346     somma_per_sito$r_3 <- (sqrt((somma_per_sito$ip_3*10000)/3.1415))
347     somma_per_sito$r_4 <- (sqrt((somma_per_sito$ip_4*10000)/3.1415))
348 print("definitivo")
349 print(definitivo)
350 print(head(somma_per_sito))
351
352 print(sum(somma_per_sito$ip_4))
353     #crea una tabella vuota
354 sql1 <- "DROP TABLE IF EXISTS dottorato.produttivita5"
355 sql2 <- "CREATE TABLE dottorato.produttivita5 (site_id character varying(20)
↪ CONSTRAINT produttivita5_pkey PRIMARY KEY,olio_anno real, ip_1 real, ip_2
↪ real, ip_3 real, ip_4 real, ip_5 real, r_1 real, r_2 real, r_3 real, r_4
↪ real);"
356 dbGetQuery(con, sql1)
357 dbGetQuery(con, sql2)
358
359 #         #inserisci i dati riga per riga
360 for (i in 1:nrow(somma_per_sito)) {

```

```

361     sql3 <- paste0("insert into dottorato.produttivita5 (site_id,olio_anno,
↳ ip_1,ip_2,ip_3,ip_4,ip_5,r_1,r_2,r_3,r_4) VALUES ('",
↳ somma_per_sito$Group.1[i], "','",somma_per_sito$olio_anno[i] , "','",
↳ "','",somma_per_sito$ip_1[i], "','',",
362     somma_per_sito$ip_2[i], "','',",somma_per_sito$ip_3[i], "','',",
↳ somma_per_sito$ip_4[i], "','',", somma_per_sito$ip_5[i], "','',",
↳ somma_per_sito$r_1[i], "','',", somma_per_sito$r_2[i], "','',",
↳ somma_per_sito$r_3[i], "','',", somma_per_sito$r_4[i], "','')")
363     dbGetQuery(con, sql3)
364 }
365 stop()
366
367 ### ESPORTA CSV CON LE INFORMAZIONI IMPORTANTI PER VERIFICA MANUALE ###
368 ##Stampa un file csv che contiene le informazioni necessarie alla stima
369 write("Sito\ttipologia_elemento\tid_elemento\ttll_contrappeso\t
↳ lb_contrappeso\tth_contrappeso\tvolume_contrappeso\tdiametro_interno_base
↳ \tsuperficie\tolio\tecc\tecc", file=paste0(path, "tabella_siti.csv"))
370 avviso <- ""
371
372 for (sito in unique(somma_siti$site_id)) {
373     sub <- subset(somma_siti, site_id == sito)
374     intestazione_sito <-(paste0(sub$site_id, ", numero minimo di torchi ",
↳ sub$count))
375     sub_elementi_da_stimare <- subset(elementi_da_stimare, site_id == sito)
376     #print(sub_elementi_da_stimare)
377     if (sub_elementi_da_stimare$count<0) {
378         avviso <- ",attenzione il numero di elementi conservati e'
↳ maggiore del numero minimo di torchi"
379     }
380     unito <- paste0(intestazione_sito, avviso)
381     write(unito, file=paste0(path, "tabella_siti.csv"), append=T)
382     avviso <- NULL
383     #aggiunge al file i dati delle arae se presenti
384     if (sito %in% (unique(arae_diametro_conservato$site_id))) {
385         sub_are_misurate <- subset(arae_diametro_conservato, site_id ==
↳ sito)
386         vuoti <- data.frame(rep("", nrow(sub_are_misurate)))
387         ara <- data.frame(rep("ara", nrow(sub_are_misurate)))
388         ara_idel <- cbind(ara, data.frame(sub_are_misurate$id_el))
389         sub_are_misurate <- cbind(vuoti, ara_idel,vuoti,vuoti,vuoti,vuoti,
↳ data.frame(sub_are_misurate$diam_i_larghezza, sub_are_misurate$superficie,
↳ sub_are_misurate$olio))
390         sub_are_misurate$site_id <- NULL
391         write.table(sub_are_misurate, sep="\t", file=paste0(path,
↳ "tabella_siti.csv"), row.names = FALSE, col.names=FALSE, append=TRUE)
392     }
393     #aggiunge al file i dati dei contrappesi, se presenti
394     if (sito %in% (unique(contrappesi_almeno_2_misure$site_id))){
395         sub_contr_misurati <- subset(contrappesi_almeno_2_misure,
↳ site_id==sito)
396         vuoti <- data.frame(rep("", nrow(sub_contr_misurati)))
397         contr <- data.frame(rep("contrappeso", nrow(sub_contr_misurati)))
398         sub_contr_misurati$olio <- NULL
399         olio <- sub_contr_misurati$volume/1.504133
400         sub_contr_misurati <- cbind(vuoti, contr,
↳ sub_contr_misurati,vuoti,vuoti,olio)

```



```

401         sub_contr_misurati$site_id <- NULL
402         print(sub_contr_misurati)
403         write.table(sub_contr_misurati, sep="\t", file=paste0(path,
↪ "tabella_siti.csv"), row.names = FALSE, col.names=FALSE,append=TRUE)
404     }
405     #aggiunge al file una riga con le misure da stimare in caso sia
↪ necessario
406     sub_elementi_da_stimare <- subset(elementi_da_stimare, site_id==sito)
407     if (sub_elementi_da_stimare$count>0){
408         testo <- data.frame(rep(paste0("Non presente, da stimare"),
↪ sub_elementi_da_stimare$count))
409         elementi <- data.frame(rep(paste0(sito, "DASTIM"),
↪ sub_elementi_da_stimare$count))
410         vuoti <- data.frame(rep("", nrow(sub_elementi_da_stimare)))
411         stima <- data.frame(rep(trimmed_mean,
↪ nrow(sub_elementi_da_stimare)))
412         elementi <- cbind(vuoti, testo, elementi,vuoti, vuoti, vuoti,
↪ vuoti,vuoti,vuoti, stima)
413         print(elementi)
414         write.table(elementi, sep="\t", file=paste0(path,
↪ "tabella_siti.csv"), row.names = FALSE, col.names=FALSE, append=TRUE)
415     }
416     write.table("", sep="\t", file=paste0(path, "tabella_siti.csv"),
↪ row.names = FALSE, col.names=FALSE, append=TRUE)
417 }
418
419 stop("Tutto OK")

```

A.10 Calcolo territori Tunisia

```

1  #!/usr/bin/env Rscript
2
3  #Importare libreria per utilizzare grass all'interno di R
4  #install.packages("spgrass6", dependencies=TRUE)
5  library(spgrass6)
6
7  #Path di sistema Linux
8  loc <- initGRASS("/usr/lib/grass64", home=tempdir(),
↪ gisDbase="/media/data/grass",
9     location="Tunisia", mapset="Territori_esterni", override=TRUE)
10
11 ##Funzioni
12
13 ##Importa in GRASS con lo stesso nome della variabile di R
14
15
16 ###Files esterni richiesti
17 path <- "/media/data/Shared/Copy/Latex/Scripts/generazione_territori/"
18
19     #raster
20 dem <- "/media/data/Cartografia/tunisia/raster/dem_orig.tif"
21     #vector
22 siti_torchi <- paste0(path,"shp/siti_esterni_maggiore.shp")
23
24 ###IMPORTAZIONE RASTER E VECTOR###

```

```

25 #Importare dem.tif e adattare la region al nuovo raster
26 execGRASS("r.in.gdal", input=dem, output="dem", flag=c("overwrite", "e", "o"))
27 #region
28 execGRASS("g.region", rast="dem", res="30")
29 #genera slope
30 execGRASS("r.slope.aspect", flags="overwrite", parameters=list(elevation="dem",
31 slope="slope"))
32
33 #Importare vettori siti_con_torchi e siti rimasti che e uguale e serve per il
34 ↪ while
35 execGRASS("v.in.ogr", dsn=siti_torchi, output="siti_torchi", flags=c("overwrite",
36 ↪ "o"))
37
38 #reimporta i siti da GRASS calcola il numero di celle e riesporta
39 siti_rimasti <- readVECT6("siti_torchi")
40 siti_rimasti$cat <- NULL
41 #calcola il numero di celle di 900mq (risoluzione 30m) equivalenti all'area
42 siti_rimasti$n_cell <- ((siti_rimasti$area)*10000)/900
43
44 writeVECT6(siti_rimasti, "siti_rimasti", v.in.ogr_flags="overwrite",
45 ↪ ignore.stderr=TRUE)
46 #aggiunge una colonna per inserire il dato del vicino prossimo
47 execGRASS("v.db.addcol", map="siti_rimasti", columns="distance double
48 ↪ precision")
49
50 #####crea un raster vuoto (tutti 0 serve per inserire i territori calcolati)
51 #Genera file di riclassificazione
52 sink(paste0(path, "raster_vuoto.txt"))
53 cat(paste0("-1000 thru 1000 = 0\n"))
54 sink()
55 #Rimuovi mask (se esiste)
56 execGRASS("r.mask", flags="r")
57 #riclassifica con il file appena creato
58 execGRASS("r.reclass", input="dem", output="tutti_i_territori",
59 ↪ flags=c("overwrite"),
60 rules=paste0(path,"raster_vuoto.txt"))
61
62 ### I FASE ###
63 ##INIZIO CICLO WHILE
64 a=-1
65 i=1
66 ciclo=1
67 distanza_sicurezza=50
68 sottraendo=50
69 ##Crea dei cicli in base alle distanze di sicurezza volute
70 while(a<0){
71 #pulizia della cartella temporanea
72 system("rm -rf /media/data/grass/Tunisia/Territori2/.tmp/alek-pc/*")
73
74 ###Genera i poligoni di Thissen
75 Sys.sleep(1)
76 execGRASS("v.voronoi", input="siti_rimasti", output="poligoni",
77 ↪ flags=c("overwrite"))
78 #e li legge
79 Sys.sleep(1)

```

```

75 poligoni <- readVECT6("poligoni")
76
77 ###Trova il vicino piu prossimo con GRASS
78 ##Calcola il vicino piu prossimo (dmin=1 perche cosi si evita di
↳ leggere
79 ##come vicino piu prossimo il sito stesso)
80 execGRASS("v.distance", from="siti_rimasti", to="siti_rimasti",
81           to_type="point", dmin=1, upload="dist", column="distance")
82 ##Reimporta con lo stesso nome
83 siti_rimasti <- readVECT6("siti_rimasti")
84 #elimina cat (per evitare duplicazioni ed errori di importazione)
85 siti_rimasti$cat <- NULL
86
87 ##Si selezionano solo i siti il cui raggio di un cerchio di area equivalente
↳ all'area
88 ##di oliveto coltivato non sia piu grande della meta della distanza dal suo
↳ near_neig
89 ##ossia non oltrepassi i limiti del suo poligono di Thissen. Di questi siti
↳ si puo
90 ##generare l'area con sicurezza, mantenendo sempre il limite del poligono di
↳ Thissen
91 ##In questo caso il raggio deve essere di "distanza_sicurezza" metri piu
↳ piccolo (per sicurezza)
92 siti_da_usare <- c()
93 for (sito in siti_rimasti$site_id) {
94     un_sito <- subset(siti_rimasti, site_id == sito)
95     if ((un_sito$raggio+distanza_sicurezza)<(un_sito$distance/2)) {
96         #print(un_sito)
97         siti_da_usare <- c(siti_da_usare,
↳ as.vector(un_sito$site_id))
98     }
99 }
100 siti_da_usare <- subset(siti_rimasti, siti_rimasti$site_id %in%
↳ siti_da_usare)
101
102 ###FOR LOOP INTERNO AL WHILE
103 for (sito in siti_da_usare$site_id) {
104     un_sito <- subset(siti_da_usare, siti_da_usare$site_id == c(sito),)
105     un_poligono <- subset(poligoni, poligoni$site_id == c(sito),)
106     writeVECT6(un_poligono, "un_poligono", v.in.ogr_flags="overwrite",
↳ ignore.stderr=TRUE)
107     writeVECT6(un_sito, "sito", v.in.ogr_flags="overwrite",
↳ ignore.stderr=TRUE)
108     execGRASS("v.to.rast", input="un_poligono",
↳ output="un_poligono_raster", value=1,
109             use="val", flags=c("overwrite"))
110
111     ## modifica il raster di tutti_i_territori in modo da poter essere usato
↳ come mask
112     ## in questo modo: i terreni gia assegnati diventano NULL e dunque
↳ esclusi
113     sink(paste0(path, "reclass_t.txt"))
114     cat(paste0("1:150000:NULL\n"))
115     cat(paste0("0:0:0:0"))
116     sink()
117     execGRASS("r.recode", flags="overwrite", input="tutti_i_territori",

```

```

118         output="tutti_i_terr_mask", rules=paste0(paste0(path,
↪ "reclass_t.txt")))
119     #A questo punto tutti_i_terr_mask e null nei terreni gia assegnati e 0
↪ negli altri
120     ##sommo il poligono (1 nel poli e null esterno) alla mask dei terreni
↪ cosi in caso il poligono comprenda
121     ##territori gia assegnati questi diverranno NULL e saranno esclusi
122     execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
123             formula="un_poligono_raster+tutti_i_terr_mask",
↪ outfile="mask_terr")
124
125     #A questo punto mask_terr e 1 nei territori utilizzabili e NULL negli
↪ altri
126     #Il prossimo r.null non dovrebbe servire
127     execGRASS("r.null", map="mask_terr", setnull="0")
128     execGRASS("r.mask", flags="o", input="mask_terr")
129     execGRASS("r.cost", input="slope", output="sito_cost",
↪ start_points="sito", max_cost=1200, flags="overwrite")
130
131     ##importante!! fa le veci di una mask impedisce di esportare i valori
↪ corrispondenti agli altri territori
132     ##in questo modo non si rischiano sovrapposizioni
133     execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
134             formula="sito_cost+tutti_i_terr_mask",
135             outfile="sito_cost")
136
137     ###trova il valore massimo sotto il quale si trova la superficie
↪ richiesta
138     #importa da Grass le statistiche (tutti i valori delle celle
↪ esclusi gli NA)
139     stat_cost_raster <- execGRASS("r.stats", flags=c(1, "c", "n"),
↪ input="sito_cost")
140     #li converte per renderli utilizzabili
141     stat_cost_raster <- as.numeric(attr(stat_cost_raster,
↪ 'resOut'))
142     #li ordina
143     stat_cost_raster <- sort(stat_cost_raster)
144     #seleziona i primi n valori dove n e l'area di oliveto diviso
↪ l'area di una cella
145     stat_cost_raster <- head(stat_cost_raster, n=un_sito$n_cell)
146     ### Riclassifica il raster eliminando tutti i valori sopra il valore
↪ massimo tra quelli selezionati nel
147     ### passaggio precedente
148     sink(paste0(path, "reclass.txt"))
149     cat(paste0("0:", max(stat_cost_raster),
↪ ":",i,":",i,"\n"))
150     cat(paste0( max(stat_cost_raster), ":*:NULL"))
151     sink()
152     #print(max(stat_cost_raster))
153     execGRASS("r.recode", flags="overwrite", input="sito_cost",
↪ output="sito_cost_cropped",
154             rules=paste0(paste0(path, "reclass.txt")))
155
156     execGRASS("r.mask", flags="r")
157     execGRASS("r.null", map="sito_cost_cropped", null=0)

```

```

158         execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
↪ formula="sito_cost_cropped+tutti_i_territori",
159             outfile="tutti_i_territori")
160         execGRASS("g.remove", vect="sito")
161         execGRASS("g.remove", vect="un_poligono")
162         execGRASS("g.remove", vect="poligoni")
163
164         i=i+1
165     }
166
167     ###Si eliminano i siti gia calcolati e si ricomincia il ciclo while
168     siti_rimasti <- subset(siti_rimasti, !(siti_rimasti$site_id %in%
↪ siti_da_usare$site_id))
169     writeVECT6(siti_rimasti, "siti_rimasti", v.in.ogr_flags="overwrite",
↪ ignore.stderr=TRUE)
170
171     #Diminuisco la distanza
172     distanza_sicurezza=distanza_sicurezza-sottraendo
173
174     #se la distanza di sicurezza e inferiore di 0 si interrompe il ciclo
175     if (distanza_sicurezza < 0) {
176     a=1
177     print("OK e il momento di passare al prossimo ciclo!")
178     }
179     print(paste0(ciclo, " ciclo loop completato"))
180     print(paste0("Prossima distanza di sicurezza e: ", distanza_sicurezza))
181     ciclo=ciclo+1
182     Sys.sleep(5)
183
184 }
185
186 ###          II FASE          ###
187 ###Ripeti il procedimento di prima ma questa volta per gli oleifici il cui raggio
↪ non includa altri
188 ###siti (il raggio e minore della distanza dei vicino piu prossimo)
189 ###e la propria area e meno di un terzo (la prima volta poi meno della meta
190 ##dell'estensione del proprio poligono. Questo loop finisce solo quando non ci
↪ sono piu siti che
191 ###rispondano a queste caratteristiche
192 divisore=3
193 a=11
194 i=300
195 system("rm -rf /media/data/grass/Tunisia/Territori/.tmp/alek-pc/*")
196 Sys.sleep(1)
197
198 while(a<10){
199     ## Calcola nuovi poligoni
200     execGRASS("v.voronoi", input="siti_rimasti", output="poligoni",
201             flags=c("overwrite"))
202     ##calcola area poligoni
203     execGRASS("v.to.db", map="poligoni", option="area", units="hectares",
↪ columns="area")
204     ##Importa i nuovi poligoni
205     poligoni <- readVECT6("poligoni")
206     poligoni$cat <- NULL
207

```

```

208   ###Trova il vicino piu prossimo con GRASS
209   ##importa il vettore
210   Sys.sleep(0.8)
211   writeVECT6(siti_rimasti, "siti_rimasti",
212             v.in.ogr_flags="overwrite", ignore.stderr=TRUE)
213   ##aggiunge una colonna per inserire il dato
214   #execGRASS("v.db.addcol", map="siti_esclusi_calcolati",
215             #           columns="distance double precision")
216   ##Calcola il vicino piu prossimo
217   execGRASS("v.distance", from="siti_rimasti", to="siti_rimasti",
218            to_type="point", dmin=1, upload="dist", column="distance")
219   ##Reimporta con lo stesso nome
220   Sys.sleep(0.8)
221   siti_rimasti <- readVECT6("siti_rimasti")
222   siti_rimasti$cat <- NULL
223
224   ##Seleziona i siti utilizzabili
225   siti_da_usare <- c()
226   for (sito in siti_rimasti$site_id) {
227     sub_siti_rimasti <-
228       subset(siti_rimasti, siti_rimasti$site_id == c(sito),)
229     sub_poligoni <- subset(poligoni, poligoni$site_id ==
↪ c(sito),)
230     if (sub_siti_rimasti$area < (sub_poligoni$area /
↪ divisore)&&sub_siti_rimasti$raggio < sub_siti_rimasti$distance) {
231       siti_da_usare <- c(siti_da_usare,
↪ as.vector(sub_siti_rimasti$site_id))
232     }
233   }
234   siti_da_usare <- subset(siti_rimasti, siti_rimasti$site_id %in%
↪ siti_da_usare)
235   siti_da_usare$cat_ <- NULL
236
237   Sys.sleep(0.8)
238   writeVECT6(siti_da_usare, "siti_da_usare", v.in.ogr_flags="overwrite",
239             ignore.stderr=TRUE)
240
241   ##FOR LOOP
242   for (sito in siti_da_usare$site_id) {
243     sub_siti_da_usare <-
244       subset(siti_da_usare, siti_da_usare$site_id == c(sito),)
245
246     un_poligono <- subset(poligoni, poligoni$site_id == c(sito),)
247     Sys.sleep(0.8)
248     writeVECT6(un_poligono, "un_poligono", v.in.ogr_flags="overwrite",
249             ignore.stderr=TRUE)
250     Sys.sleep(0.8)
251     writeVECT6(sub_siti_da_usare, "sito", v.in.ogr_flags="overwrite",
252             ignore.stderr=TRUE)
253     execGRASS("v.to.rast", input="un_poligono",
↪ output="un_poligono_raster",
254             value=1, use="val", flags=c("overwrite"))
255     execGRASS("r.null", map="un_poligono_raster", null=0)
256
257     ## modifica il raster di tutti_i_territori in modo da poter essere usato
↪ come mask

```

```

258     ## in questo modo: i terreni gia assegnati diventano NULL e dunque
↳ esclusi
259         sink(paste0(path, "reclass_t.txt"))
260         cat(paste0("1:150000:NULL\n"))
261         cat(paste0("0:0:0:0"))
262         sink()
263         execGRASS("r.recode", flags="overwrite", input="tutti_i_territori",
264         output="tutti_i_terr_mask", rules=paste0(paste0(path,
↳ "reclass_t.txt")))
265         #A questo punto tutti_i_terr_mask e null nei terreni gia assegnati e 0
↳ negli altri
266         ##sommo il poligono (1 nel poli e null esterno) alla mask dei terreni
↳ cosi in caso il poligono comprenda
267         ##territori gia assegnati questi diverranno NULL e saranno esclusi
268         execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
269         formula="un_poligono_raster+tutti_i_terr_mask",
↳ outfile="mask_terr")
270
271         #A questo punto mask_terr e 1 nei territori utilizzabili e NULL negli
↳ altri
272         #Il prossimo r.null non dovrebbe servire
273         execGRASS("r.null", map="mask_terr", setnull="0")
274         execGRASS("r.mask", flags="o", input="mask_terr")
275         execGRASS("r.cost", input="slope", output="sito_cost",
↳ start_points="sito", max_cost=1200, flags="overwrite")
276
277         ##importante!! fa le veci di una mask impedisce di esportare i valori
↳ corrispondenti agli altri territori
278         ##in questo modo non si rischino sovrapposizioni
279         execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
280         formula="sito_cost+tutti_i_terr_mask",
281         outfile="sito_cost")
282
283         ###trova il valore massimo sotto il quale si trova la superficie richiesta
284         ##importa da Grass le statistiche (tutti i valori delle celle esclusi
↳ gli NA)
285         stat_cost_raster <- execGRASS("r.stats", flags=c(1, "c", "n"),
↳ input="sito_cost")
286         ##li converte per renderli utilizzabili
287         stat_cost_raster <- as.numeric(attr(stat_cost_raster, 'resOut'))
288         ##li ordina
289         stat_cost_raster <- sort(stat_cost_raster)
290         ##seleziona i primi n valori dove n e l'area di oliveto diviso l'area
↳ di una cella
291         stat_cost_raster <- head(stat_cost_raster,
↳ n=sub_siti_da_usare$n_cell)
292         ### Riclassifica il raster eliminando tutti i valori sopra il valore massimo
↳ tra quelli
293         ### selezionati nel passaggio precedente
294         sink(paste0(path, "reclass.txt"))
295         ##riclassifico con un valore i in modo da mantenere distinti i
↳ territori
296         cat(paste0("0:", max(stat_cost_raster), ":", i, ":", i, "\n"))
297         cat(paste0( max(stat_cost_raster), ".*:NULL"))
298         sink()
299

```

```

300         execGRASS("r.recode", flags="overwrite", input="sito_cost",
301                 output="sito_cost_cropped", rules=paste0(path,
↪ "reclass.txt"))
302         execGRASS("r.mask", flags="r")
303         #converte i valori NULL in 0 cosi da poter sommare senza eliminare i
↪ territori gia calcolati
304         execGRASS("r.null", map="sito_cost_cropped", null=0)
305         execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
306                 formula="sito_cost_cropped+tutti_i_territori",
307                 outfile="tutti_i_territori")
308         i=i+1
309     }
310
311     siti_rimasti <- subset(siti_rimasti, !(siti_rimasti$site_id %in%
↪ siti_da_usare$site_id))
312     writeVECT6(siti_rimasti, "siti_rimasti",
313               v.in.ogr_flags="overwrite", ignore.stderr=TRUE)
314
315     execGRASS("g.remove", vect="sito")
316     execGRASS("g.remove", vect="un_poligono")
317     execGRASS("g.remove", vect="poligoni")
318     execGRASS("g.remove", vect="siti_da_usare")
319
320     ##Chiude il ciclo while se non ci sono piu siti da usare
321     if (nrow(siti_da_usare)==0){
322         a=20
323         print("OK e il momento di passare al prossimo ciclo!")
324         Sys.sleep(5)
325     }
326
327     #dopo il primo ciclo il divisore diventa 2
328     divisore=2
329     print(paste0("mancano ancora ", nrow(siti_rimasti), " vediamo quanti ne
↪ riusciamo a calcolare!"))
330     Sys.sleep(2)
331 }
332
333 ###      III FASE      ###
334 ###INFINE PER I RIMANENTI
335 ###Un ciclo for per trovare il loro territorio all'interno del loro poligono di
↪ Thissen
336 i=500
337 Sys.sleep(0.8)
338
339 ## Calcola nuovi poligoni
340 Sys.sleep(0.8)
341 system("rm -rf /media/data/grass/Tunisia/Territori/.tmp/alek-pc/*")
342 execGRASS("v.voronoi", input="siti_rimasti", output="poligoni",
343         flags=c("overwrite"))
344 ##Importa i nuovi poligoni
345 poligoni <- readVECT6("poligoni")
346 poligoni$cat <- NULL
347
348 ##copia i siti rimasti in siti_da_usare perche sono tutti da usare
349 siti_da_usare <- siti_rimasti
350

```



```

351     ##FOR LOOP
352 for (sito in siti_da_usare$site_id) {
353     sub_siti_da_usare <-
354         subset(siti_da_usare, siti_da_usare$site_id == c(sito),)
355
356     un_poligono <- subset(poligoni, poligoni$site_id == c(sito),)
357     Sys.sleep(0.8)
358     writeVECT6(un_poligono, "un_poligono", v.in.ogr_flags="overwrite",
359             ignore.stderr=TRUE)
360     Sys.sleep(0.8)
361     writeVECT6(sub_siti_da_usare, "sito", v.in.ogr_flags="overwrite",
362             ignore.stderr=TRUE)
363     execGRASS("v.to.rast",input="un_poligono", output="un_poligono_raster",
364             value=1, use="val", flags=c("overwrite"))
365     execGRASS("r.null", map="un_poligono_raster", null=0)
366
367     ## modifica il raster di tutti_i_territori in modo da poter essere usato
368     → come mask
369     ## in questo modo: i terreni gia assegnati diventano NULL e dunque
370     → esclusi
371     sink(paste0(path, "reclass_t.txt"))
372     cat(paste0("1:150000:NULL\n"))
373     cat(paste0("0:0:0:0"))
374     sink()
375     execGRASS("r.recode", flags="overwrite", input="tutti_i_territori",
376             output="tutti_i_terr_mask", rules=paste0(paste0(path,
377     → "reclass_t.txt"))
378     ##sommo il poligono alla mask dei terreni cosi in caso il poligono
379     → comprenda
380     ##territori gia assegnati questi diverranno NULL e saranno esclusi
381     execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
382             formula="un_poligono_raster+tutti_i_terr_mask",
383     → outfile="mask_terr")
384     execGRASS("r.null", map="mask_terr", setnull="0")
385     execGRASS("r.mask", flags="o", input="mask_terr")
386     execGRASS("r.cost", input="slope", output="sito_cost",
387     → start_points="sito", max_cost=2200, flags="overwrite")
388     ###trova il valore massimo sotto il quale si trova la superficie richiesta
389     ##importa da Grass le statistiche (tutti i valori delle celle esclusi gli
390     → NA)
391     stat_cost_raster <- execGRASS("r.stats", flags=c(1, "c", "n"),
392     → input="sito_cost")
393     ##li converte per renderli utilizzabili
394     stat_cost_raster <- as.numeric(attr(stat_cost_raster, 'resOut'))
395     ##li ordina
396     stat_cost_raster <- sort(stat_cost_raster)
397     ##seleziona i primi n valori dove n e l'area di oliveto diviso l'area di
398     → una cella
399     stat_cost_raster <- head(stat_cost_raster, n=sub_siti_da_usare$n_cell)
400     ### Riclassifica il raster eliminando tutti i valori sopra il valore massimo tra
401     → quelli
402     ### selezionati nel passaggio precedente
403     sink(paste0(path, "reclass.txt"))
404     ##riclassifico con un valore i in modo da mantenere distinti i
405     → territori
406     cat(paste0("0:", max(stat_cost_raster), ":",i,":",i,"\n"))

```

```
396         cat(paste0( max(stat_cost_raster), ".*:NULL"))
397     sink()
398     #print(max(stat_cost_raster))
399     #print(sub_siti_torchi)
400     execGRASS("r.recode", flags="overwrite", input="sito_cost",
401             output="sito_cost_cropped", rules=paste0(path, "reclass.txt"))
402     execGRASS("r.mask", flags="r")
403     #converte i valori NULL in 0 cosi da poter sommare senza eliminare i
↪ territori gia calcolati
404     execGRASS("r.null", map="sito_cost_cropped", null=0)
405     execGRASS("r.mapcalculator", flags=c("overwrite"),
406             formula="sito_cost_cropped+tutti_i_territori",
407             outfile="tutti_i_territori")
408     i=i+1
409 }
410
411 ### FINE ###
412
413 ##Converti i territori in poligoni
414 Sys.sleep(0.8)
415 execGRASS("r.to.vect", flags="overwrite", input="tutti_i_territori",
↪ output="tutti_i_territori", feature="area")
416
417 ##Unisci i poligoni per id
418 Sys.sleep(0.8)
419 execGRASS("v.dissolve", flags="overwrite", input="tutti_i_territori",
↪ output="tutti_i_territori_uniti", column="value")
420
421
422 stop("tutto bene")
```

APPENDICE B

TABELLE

Tabella B.1: Numero massimo di Torchi (N_T) e numero di elementi per sito (Tot) (Thugga Survey)

Sito	N_T	Tot	Elementi più frequenti	Altri Elementi
DU002	3	7	contrappeso	ara(1), becco(1), vasca(2)
DU003	1	1	contrappeso	
DU004	1	4	ara, architrave_tor, contrappeso, incastro	
DU005	5	11	incastro	ara(2), architrave_tor(1), contrappeso(3)
DU012	2	4	incastro	ara(1), cilindro(1)
DU018	1	1	ara	
DU021	2	2	incastro	
DU022	1	1	contrappeso	
DU025	10	28	incastro	ara(2), architrave_tor(3), cilindro(1), contrappeso(8), mensola_tor(1), peso(2), vasca(1)
DU031	4	11	contrappeso	ara(3), architrave_tor(1), incastro(2), vasca(1)
DU034	3	9	contrappeso	ara(1), architrave_tor(1), incastro(2), vasca(2)
DU035	1	1	ara	
DU036	1	1	ara	
DU041	1	1	ara	
DU047	2	5	ara	architrave_tor(1), incastro(1), mensola_tor(1)
DU048	1	2	ara, vasca	
DU049	5	13	incastro	ara(3), architrave_tor(3), contrappeso(2)
DU051	2	2	incastro	
DU052	1	1	contrappeso	
DU054	2	3	contrappeso	incastro(1)
DU056	2	6	guida_leva, incastro	ara(1), architrave_tor(1)
DU063	6	16	incastro	ara(3), architrave_tor(2), contrappeso(3), peso(1), vasca(1)

Sito	N_T	Tot	El.frequenti	Altri Elementi
DU064	2	6	ara, contrappeso	architrave_tor(1), incastro(1)
DU066	12	21	contrappeso	ara(2), architrave_tor(1), cilindro(4), incastro(2)
DU068	1	2	ara, contrappeso	
DU069	1	3	architrave_tor(2)	contrappeso(1)
DU070	1	2	contrappeso, incastro	
DU074	1	1	contrappeso	
DU078	2	4	contrappeso	incastro(1), mensola_tor(1)
DU087	1	1	contrappeso	
DU093	1	2	ara, contrappeso	
DU098	1	3	ara, contrappeso, incastro	
DU100	1	1	incastro	
DU107	3	3	contrappeso	
DU109	1	1	incastro	
DU113	1	1	architrave_tor	
DU122	1	3	incastro(1), vasca (2)	
DU123	1	2	contrappeso, incastro	
DU127	2	5	contrappeso, incastro	ara(1)
DU129	1	1	incastro	
DU131	4	7	contrappeso	incastro(3)
DU151	1	1	contrappeso	
DU152	2	3	contrappeso	mensola_tor(1)
DU160	2	4	contrappeso, incastro	
DU161	1	2	ara, contrappeso	
DU163	1	2	architrave_tor, contrappeso	
DU165	1	2	contrappeso, incastro	
DU171	2	3	incastro	contrappeso(1)
DU172	2	2	contrappeso	
DU175	1	1	contrappeso	
DU177	1	3	architrave_tor, contrappeso, incastro	
DU178	1	2	ara, contrappeso	
DU182	1	2	cilindro, contrappeso	
DU187	4	8	contrappeso, incastro	
DU189	1	1	contrappeso	
DU190	1	1	incastro	
DU192	2	2	incastro	
DU203	2	4	incastro	ara(1), contrappeso(1)
DU204	1	1	contrappeso	
DU205	2	9	ara, incastro, mensola_tor, vasca	arbor(1)
DU206	1	1	contrappeso	
DU207	3	6	arbor(2), incastro(2)	contrappeso(1), guida_leva(1)
DU210	2	7	ara, contrappeso, incastro	architrave_tor(1)
DU212	1	2	ara, incastro	

Sito	N_T	Tot	El.frequenti	Altri Elementi
DU214	1	3	contrappeso, incastro, vasca	
DU222	2	2	incastro	
DU223	1	1	contrappeso	
DU224	1	1	contrappeso	
DU226	2	3	contrappeso	ara(1)
DU228	1	1	incastro	
DU231	3	3	ara	
DU239	1	2	ara, contrappeso	
DU242	1	3	ara, contrappeso, incastro	
DU248	1	1	ara	
DU249	2	3	incastro	ara(1)
DU253	2	5	contrappeso, incastro	architrave_tor(1)
DU256	1	1	incastro	
DU261	1	3	ara, contrappeso, mensola_tor	
DU276	1	3	ara, incastro, vasca	
DU280	2	5	incastro	ara(1), architrave_tor(1), contrappeso(1)
DU282	9	18	contrappeso	ara(2), incastro(7)
DU285	1	2	ara, incastro	
DU295	1	2	ara, contrappeso	
DU307	2	3	incastro	contrappeso(1)
DU308	3	5	contrappeso	incastro(2)
DU309	7	16	contrappeso	ara(3), architrave_tor(2), incastro(4)
DU329	3	8	incastro	ara(1), architrave_tor(2), contrappeso(2)
DU348	1	1	ara	
DU349	1	2	contrappeso, contrappeso_vite	
DU355	2	4	ara	contrappeso(1), incastro(1)
DU357	1	1	contrappeso	
DU363	1	1	incastro	
DU368	2	4	contrappeso	ara(1), incastro(1)
DU369	1	2	ara, contrappeso	
DU374	1	1	contrappeso	
DU378	1	1	architrave_tor	
DU379	3	4	contrappeso	incastro(1)
DU384	1	1	contrappeso	
DU388	5	5	contrappeso	
DU390	4	13	contrappeso	ara(2), architrave_tor(3), cilindro(1), incastro(3)
DU394	2	2	contrappeso	
DU395	6	12	contrappeso	ara(1), becco(1), cilindro(1), incastro(3)
DU397	1	2	ara, incastro	
DU474	2	3	incastro	contrappeso(1)
DU475	1	1	contrappeso	
DU476	3	9	contrappeso, incastro	mensola_tor(1), vasca(2)
DU477	1	1	contrappeso	

Sito	N_T	Tot	El.frequenti	Altri Elementi
DU478	3	4	vasca	incastro(1)
DU482	2	2	contrappeso	
DU494	1	1	ara	
DU498	5	12	contrappeso	ara(2), arbor(1), architrave_tor(1), incastro(2), vasca(1)
DU499	1	1	contrappeso	
DU500	2	3	incastro	contrappeso(1)
DU501	1	1	incastro	
DU503	3	6	contrappeso	ara(1), incastro(2)
DU504	1	2	contrappeso, incastro	
DU505	2	4	contrappeso	ara(1), incastro(1)
DU506	2	5	contrappeso	ara(1), architrave_tor(1), incastro(1)
DU507	3	7	incastro	architrave_tor(1), becco(1), contrappeso(2)
DU508	2	2	contrappeso	
DU509	4	5	contrappeso	incastro(1)
DU510	4	6	contrappeso	architrave_tor(1), incastro(1)
DU511	1	1	contrappeso	
DU512	7	12	incastro	ara(1), contrappeso(4)
DU519	1	1	ara	
DU520	1	2	ara, architrave_tor	
DU521	1	1	contrappeso	
DU522	1	3	ara, contrappeso, vasca	
DU523	1	3	ara, contrappeso, vasca	
DU527	6	8	incastro	architrave_tor(1), ruota(1)
DU528	2	2	incastro	
DU531	2	4	contrappeso	incastro(1), ruota(1)
DU533	1	1	contrappeso	
DU537	2	4	incastro	ara(1), contrappeso(1)
DU539	1	1	mensola_tor	
DU540	1	2	contrappeso, incastro	
DU542	1	1	contrappeso	
DU544	2	2	incastro	
DU547	2	2	arbor	
DU548	3	5	contrappeso	ara(1), incastro(1)
DU549	5	5	contrappeso	
DU550	8	19	contrappeso	ara(1), arbor(1), architrave_tor(4), incastro(5)
DU561	1	1	contrappeso	
DU565	4	8	incastro	contrappeso(2), vasca(2)
DU567	1	1	contrappeso	
DU569	1	2	cilindro, incastro	
DU570	2	5	ara, incastro	vasca(1)
DU577	1	2	architrave_tor, contrappeso	
DU578	6	8	contrappeso	architrave_tor(1), incastro(1)
DU579	1	1	incastro	
DU580	1	2	contrappeso, incastro	

Sito	N_T	Tot	El.frequenti	Altri Elementi
DU581	2	4	contrappeso	architrave_tor(1), incastro(1)
DU582	2	4	contrappeso, incastro	
DU583	1	1	incastro	
DU584	2	5	ara	architrave_tor(1), contrappeso(1), incastro(1)
DU585	3	4	contrappeso	vasca(1)
DU586	1	1	incastro	
DU587	4	8	contrappeso	ara(1), architrave_tor(1), incastro(1), mensola_tor(1)
DU588	2	3	incastro	contrappeso(1)
DU589	1	1	ruota	
DU590	1	1	architrave_tor	
DU593	1	4	ara, contrappeso, incastro, mensola_tor	
DU595	1	1	contrappeso	
DU596	1	3	ara	incastro(1)
DU598	1	6	ara, architrave_tor	incastro(1), vasca(1)
DU599	1	2	ara, contrappeso	
DU601	5	7	incastro	ara(1), architrave_tor(1)
DU603	1	2	contrappeso, vasca	
DU605	1	2	contrappeso	
DU607	1	1	contrappeso	
DU609	1	1	ara	
DU611	1	2	contrappeso, incastro	
DU612	2	4	contrappeso	ara(1), incastro(1)
DU613	3	10	contrappeso, incastro	ara(1), architrave_tor(2), vasca(1)
DU614	2	2	incastro	
DU615	1	1	contrappeso	
DU617	1	1	contrappeso	
DU618	4	5	contrappeso	incastro(1)
DU624	1	1	contrappeso	
DU629	1	1	ara	
DU735	2	5	contrappeso, incastro	ara(1)
DU742	1	1	contrappeso	
DU747	1	2	ara, contrappeso	
DU750	1	1	architrave_tor	
DU755	1	3	architrave_tor, contrappeso, incastro	
DU756	1	2	contrappeso, incastro	
DU757	1	1	peso	
DU758	6	15	contrappeso	ara(3), architrave_tor(1), cilindro(1), incastro(4)
DU764	2	2	contrappeso	
DU766	1	1	architrave_tor	
DU769	1	2	ara, macina	
DU771	1	2	architrave_tor, incastro	
DU773	7	12	incastro	contrappeso(5)
DU774	2	2	contrappeso	

Sito	N_T	Tot	El.frequenti	Altri Elementi
DU775	1	2	contrappeso, incastro	
DU778	1	1	ara	
DU779	6	10	contrappeso	architrave_tor(2), incastro(2)
DU780	1	2	ara, incastro	

Tabella B.2: Numero massimo di Torchi (N_T) e numero di elementi per sito (Tot) (PNEK Survey)

Sito	N_T	Tot	Elementi più frequenti	Altri Elementi
CS001	2	3	ara	contrappeso(1)
CS002	1	2	ara, ruota	
CS003	2	5	ara	incastro(1), macina(1), contrappeso(1)
CS004	2	4	contrappeso	ara(1), macina(1)
CS005	1	3	ara, contrappeso, macina	
CS006	1	3	ara, vasca, contrappeso	
CS007	2	3	vasca	ara(1)
CS008	3	8	ara	macina(2), contrappeso(1), incastro(2)
CS009	1	1	ara	
CS010	1	3	incastro, ara, macina	
CS011	1	1	macina	
CS012	1	1	ara	
CS013	1	3	vasca, ara, incastro	
EA001	1	3	contrappeso, ara, macina	
EA002	1	2	macina, ara	
EA003	1	4	macina, ruota, contrappeso, incastro	
EA004	1	2	contrappeso, incastro	
EA005	2	3	ara	contrappeso(1)
EA006	1	4	contrappeso, macina, ara, incastro	
EA007	4	7	ara	contrappeso(2), ara_prolunga(1)
EA010	2	2	ara	
EA011	5	17	ara, contrappeso	vasca(1), incastro(3), architrave(1), macina(2)
EA012	2	3	incastro	contrappeso(1)
EA013	3	7	ara, contrappeso	incastro(1)
EA014	2	5	contrappeso	architrave(1), ara(1), incastro(1)
OH003	2	3	ara	macina(1)
OH004	7	17	ara	vasca(1), macina(2), incastro(3), contrappeso(4)
OH005	2	5	contrappeso	incastro(1), macina(1), ara(1)
OH006	4	10	ara	macina(2), incastro(2), contrappeso(2)
OH007	2	4	macina, ara	

APPENDICE B

Sito	N_T	Tot	El.frequenti	Altri Elementi
OH008	2	6	ara	contrappeso(1), incastro(1), macina(1), ruota(1)
OH009	2	2	ara	
OH010	3	6	contrappeso	incastro(1), vasca(1), ara(1)
OH011	2	4	ara	incastro(1), macina(1)
OH012	1	2	incastro, ara	
OH013	12	42	ara	incastro(10), contrappeso(10), ruota(2), macina(8)
OH015	1	1	ara	
OH016	2	6	incastro, contrappeso, ara	
OH017	1	1	ara	
OH021	1	1	ruota	
OH024	3	7	ara	macina(2), incastro(2)
OH025	1	6	ruota, architrave, macina, incastro, ara, contrappeso	
OH028	2	2	ara	
OH029	1	3	incastro, ara, contrappeso	
OJ001	2	6	architrave	ara(1), macina(1), incastro(1), contrappeso(1)
OJ002	1	6	macina, architrave, contrappeso, ara, ruota, incastro	
OJ003	1	3	ruota, incastro, ara	
OJ004	1	2	incastro, ara	
OJ005	5	7	ruota	incastro(1), ara(1)
OJ006	2	4	ara	incastro(1), macina(1)
OJ007	1	1	contrappeso	
OJ009	1	4	macina, contrappeso, incastro, ara	
OJ010	1	4	incastro, macina, contrappeso, ara	
OJ011	1	1	ara	
OJ012	2	3	contrappeso	ara(1)
OJ013	2	3	ara	incastro(1)
OJ014	3	5	contrappeso	ara(1), macina(1)
OJ015	1	1	incastro	
OJ016	2	8	macina, incastro, contrappeso	ara(1), ruota(1)
OJ017	2	7	incastro, contrappeso, ara	macina(1)
OJ018	1	1	macina	
OJ019	1	2	ara, ruota	
OJ020	3	8	ara, contrappeso	ruota(1), incastro(1)
OJ021	7	15	ara	contrappeso(5), incastro(2), ruota(1)
OJ022	1	3	vasca, ara, macina	

Sito	N_T	Tot	El.frequenti	Altri Elementi
OJ023	1	3	ara, contrappeso, vasca	
OJ024	2	3	macina	ara(1)
OJ026	3	5	ara	contrappeso(2)
OJ027	1	1	contrappeso	
OJ028	1	4	nid, ara, macina, ruota	
OJ029	1	2	macina, ara	
OJ031	1	1	ara	
OJ032	8	12	ara	macina(3), contrappeso(1)
OJ035	2	4	ara	macina(1), contrappeso(1)
OJ036	1	1	incastro	
OJ037	1	2	contrappeso, ara	
OJ039	1	2	ara, contrappeso	
OJ040	1	1	ara	
OJ041	2	3	contrappeso	incastro(1)
OJ042	1	1	mensola	
OJ043	1	4	ara, contrappeso, macina, incastro	
OJ044	2	5	incastro, ara	macina(1)
OJ045	3	6	ara	contrappeso(1), incastro(1), macina(1)
OJ046	2	5	macina, ara	incastro(1)
OJ047	2	3	ara	incastro(1)
OJ048	1	3	macina, incastro, ara	
OJ049	2	2	ara	
OJ050	1	2	ara, contrappeso	
OJ051	1	1	ara	
OJ052	1	1	ruota	
OJ053	1	2	ara, macina	
OJ055	1	1	ara	
OJ056	1	2	ruota, contrappeso	
OT003	1	3	incastro, ara, contrappeso	
OT004	2	4	ara, contrappeso	
OT005	11	21	ara	macina(5), contrappeso(5)
OT006	8	16	ara	contrappeso(4), ruota(2), macina(2)
OT007	4	12	contrappeso	macina(2), ara(3), incastro(2), ruota(1)
OT008	1	3	ara, macina, contrappeso	
OT009	3	4	ara	macina(1)
OT011	2	7	macina, ara, incastro	contrappeso(1)
OT012	3	9	ruota	ara(1), macina(2), incastro(2), contrappeso(1)
OT013	3	4	ara	macina(1)
OT014	2	5	macina	incastro(1), ara(1), ruota(1)
OT015	2	8	contrappeso	mensola(1), ruota(1), incastro(1), vasca(1), macina(1), ara(1)
OT016	2	3	ara	macina(1)
OT017	2	5	ara	incastro(1), macina(1), contrappeso(1)

Sito	N_T	Tot	El.frequenti	Altri Elementi
OT018	1	4	ruota, incastro, ara, macina	
OT019	2	6	macina, contrappeso	incastro(1), ara(1)
OT020	1	2	ara, macina	
OT021	1	3	contrappeso, ruota, ara	
OT022	1	3	ruota, ara, contrappeso	
OT023	2	3	ara	vasca(1)
OT024	3	7	ara	vasca(1), incastro(2), macina(1)
OT025	1	3	macina, incastro, ara	
OT026	1	2	macina, ara	
OT027	2	6	ruota, macina	ara(1), contrappeso(1)
OT028	2	3	ara	ruota(1)
OT030	2	5	macina, ara	architrave(1)
OT031	1	1	macina	
OT032	1	2	ara, macina	
OT033	3	5	ara	contrappeso(2)
OT035	5	9	ara	contrappeso(3), macina(1)
RS001	3	7	ara	incastro(2), contrappeso(1), macina(1)
RS002	4	10	ara	contrappeso(2), architrave(1), incastro(1), macina(1), ruota(1)

Classe	Descrizione (Perthuisot 1979)
ALBIEN-CAL	Marnes gris-bleu
ABL. SUB. DES OUEDS	Abluvion subactuelles des oueds
AQUITANIEN-MA	Grès
BARREMIEN-APTIEN-CBA-AP	marnes et marno-calcares
BARREMIEN-CBA	Marnes sombres
BEDOULIEN	Calcaires rëcifaux et grès
CAMPANIEN-CCA	calcaires blancs
CAMPANIEN-CCA-M	calcaires blancs rësésentant parfois des silicifications
CAMPANIEN-CM1	marnes et marno-calcaires
CAMPANIEN-CM2	calcaires blancs
CENOMANIEN-CCE2	Marnes grises
CROUTES-QC	calcaires gypseuses
EBOULIS-QE	Eboulis
EOCENE-SUP-ELP	Marnes et lumachelles
GARGASIEN-INF-CAP2A	Marnes verdatres
LUTETIEN-INF-MOY-EL1	Marnes
LUTETIEN-SUP-EL2	Calcaires à Nummulites
MAESTRICHTIEN-CM-P	Marnes noires
MESSINIEN-MM	Marnes à gypse, conglomérats et silts roses
OLIGOCÈNE-O	Grès à dragées et marnes
PLIOC-CONT-PLC	Conglomérats peu consolidés
QUATERNAIRERECENT-QS	Quaternaire récent Indifférencié
TERRASSES-TQ-1	Terrasses
TERRASSES-TQ2	Terrasses
TORTONIENPP-HMT3	Grès, argiles, brèches et conglomérats
TORTONIENPP-KMT3	Série essentiellement détritique débutant par les silts et des grès rouges
TORTONIENPP-KMTA3	Série silteus et conglomératique
TORTONIENPP-KMTB3	Série silteuse parfois conglomératique, rouge
TORTONIENPP-MMT3	Marnes sombres à passées de gypses
TORTPP-KMTC3	Série à dominante marneuse et de passées silteuses
TRIAS-T	Brèches calcaires, calcaires
TRIAS-TA	Gypses et pelites
TRIAS-TB	Psammites et gypses
TRIAS-TC	calcaires et dolomies
TRIAS-TD	Calcaires à patine jaune orangé
TURONIEN-CCO	calcaires et marno-calcaires
TURONIEN-CS	marnes beiges
TURONIEN-CT1	Calcaires massifs et calcaires en plaquettes
TURONIEN-CT2	marnes brunes
TURONIEN-CT2-S	Marnes
VILLAFRANCHIEN-QVC	Silts et conglomérats
VILLAFRANCHIEN-QVL	Calcaires lacustres
VRACONIEN-CAL2-CE1	Calcaires en plaquettes
YPRESIEN-EY	Calcaires massifs
YPRESIEN-LUTETIEN-EY-L	Calcaires

Tabella B.3: Carta geologica

BIBLIOGRAFIA

- Abdellaoui, F. (2007). «A propos du mot *gymnasium* et de sa signification dans les inscriptions latines africaines». In: *In Africa et in Hispania: études sur l'huile africaine*. A cura di A. Mrabet e J. Remesal Rodríguez. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona, pp. 167–184.
- Acquaviva, R. (1995). *Palmenti e frantoi in Sicilia (in particolare nell'area dei Monti Iblei)*. Siracusa: ZangaraStampa.
- Adam, J. P. (1988). *L'arte di costruire presso i Romani*. Biblioteca di Archeologia, 10. Milano: Longanesi.
- Addyman, P. (1962). «The Archaeology of the Sbeitla Area: Interim Report». In: *Brathay Exploration Group. Annual Report and Account of Expeditions 1962*. Ambleside: Brathay Exploration Group Trust, pp. 60–77.
- Ahlström, G. W. (1978). «Wine Presses and Cup-Marks of the Jenin-Megiddo Survey». In: *Bulletin of the American Schools of Oriental Research* 231, pp. 19–49.
- Ahmed, M. (2010). *Rural settlement and economic activity: olive oil and Amphorae production on the Tarhuna Plateau during the Roman period*. Tesi di dottorato. University of Leicester.
- Albertini, E. (1930). «Variétés. Actes de vente du Ve siècle, trouvés dans la région de Tébessa (Algérie)». In: *Journal des savants* 1.1, pp. 23–30.
- Amouretti, M.-C. (1986). *Le pain et l'huile dans la Grèce antique*. Vol. 32. Annales Littéraires de l'Université de Besançon. Paris: Belles Lettres.
- Amouretti, M.-C. e J.-P. Brun (1993). «Les Rendements». In: *La production du vin et de l'huile en Méditerranée*. A cura di M.-C. Amouretti e J.-P. Brun. Bulletin de correspondance hellénique. Atene-Parigi: Ecole française d'Athènes, pp. 551–562.
- Andreoli, M. (2013). «La Chronologie des sites». In: *Rus Africum. Tome I: Le paysage rural antique autour de Dougga et Téboursouk: cartographie, reliefs et chronologie des établissements*. A cura di M. de Vos e R. Attoui. Bibliotheca Archaeologica, 31. Bari: Edipuglia, pp. 9–17.
- Andresen, J. (2008). «Topographic Wetness Index and Prehistoric Land Use». In: *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Berlin, Germany, April 2–6, 2007*.

- A cura di A. Posluschny, K. Lambers e I. Herzog. Bonn: Dr. Rudolf Habelt GmbH, pp. 405–410.
- Anichini, F. (2013). «MAPPA survey: gli Open Data nell'archeologia italiana». In: *MAPPA. Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico*. A cura di F. Anichini, N. Dubbini, G. Gattiglia e M. Gualandi. Vol. 2. Roma: Edizioni Nuova Cultura, pp. 121–132.
- Anichini, F., M. Ciurcina e V. Noti (2013). «Il MOD: l'archivio Open Data dell'archeologia italiana». In: *MAPPA. Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico*. Vol. 2. Roma: Edizioni Nuova Cultura, pp. 133–160.
- Anichini, F. e G. Gattiglia (2012). «A qualcuno piace 'webGIS'. Indicazioni pratiche per un utilizzo archologico consapevole». In: *MAPPA. Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico*. A cura di F. Anichini, F. Fabiani, G. Gattiglia e M. Gualandi. Vol. 1. Roma: Edizioni Nuova Cultura, pp. 73–85.
- Attolini, I., F. Cambi, M. Castagna, M. Celuzza, E. Fentress, P. Perkins e E. Regoli (1991). «Political Geography and productive geography between the valleys of Albegna and the Fiora in Northern Etruria». In: *Roman landscapes: archaeological survey in the Mediterranean region*. A cura di G. Barker e J. Lloyd. London: British School at Rome, pp. 142–153.
- Auclair, L., L. Laajili-Ghezal e R. Pontanier (1997). «Population-environment relationships in the Tunisian High Tell». In: *Population and environment in arid regions*. A cura di J. Clarke e D. Noin. Man and the Biosphere Series. Paris: Parthenon Publishing. Cap. 8, pp. 133–148.
- Babelon, E. (1893). *Atlas archéologique de la Tunisie: édition spéciale des cartes topographiques publiées par le Ministère de la Guerre, accompagnée d'un texte explicatif rédigé par Mm. E. Babelon, R. Cagnat, S. Reinach. [Texte]*. Paris: E. Leroux.
- Baldassarri, M., M. Biagini, C. Cazzona, G. Fontanazza, L. Guspini, L. Gambaro, P. Labombarda, P. Olia e M. Scamosci (2007). «L'area 24000». In: *Uchi Maius 3, i frantoi miscellanea*. A cura di C. Vismara. Sassari: Democratica Sarda, pp. 115–194.
- Banning, E. (2002). *Archaeological survey*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Barker, G., a cura di (1996). *Farming the Desert: The UNESCO Libyan Valleys Archaeological Survey*. Vol. 1. London: UNESCO Publishing.
- Barker, G., D. D. Gilbertson, C. O. Hunt e D. J. Mattingly (1996). «Romano-Libyan Agriculture: Integrated Models». In: *Farming the Desert: The UNESCO Libyan Valleys Archaeological Survey*. A cura di G. Barker. London: UNESCO Publishing. Cap. 9, pp. 265–290.
- Barnes, T. J. (2003). «The place of locational analysis: a selective and interpretive history». In: *Progress in Human Geography* 27.1, pp. 69–95.
- Ben Baaziz, S. (1985). «Les huileries de la haute vallée de l'oued el-Htab». In: *Africa* 9, pp. 209–216.
- (1991). «Les huileries de la Tunisie antique». In: *Les Cahiers de Tunisie* 43.155, pp. 39–64.

- (1999). «Les établissements ruraux du Sahel Antique». In: *Du Byzacium au Sahel: itinéraire historique d'une région tunisienne: actes du colloque sur le Sahel tenu à Sousse en décembre 1996*. A cura di A. Mrabet. Tunisi, pp. 31–50.
- (2003). «Les huileries antiques de la dorsale tunisienne». In: *Itinéraire de Saintes à Dougga. Mélanges offerts à Louis Maurin*. A cura di J. Bost, M. Roddaz e F. Tassaou. Mémoires, 9. Bordeaux: Ausonius, pp. 203–219.
- Ben Tiba, B. e M. Reille (1982). «Recherches pollenanalytiques dans les montagnes de Kroumirie (Tunisie septentrionale): premiers résultats». In: *Ecol Mediterr* 8.4, pp. 75–86.
- Bermejo Tirado, J. (2010). «Domus and Household Production. Towards a new model for the study of Roman economy: The case of the House of Bachus and Ariadne (Thuburbo Maius)». In: *L'Africa romana: atti del XVIII Convegno di studio, Olbia, 11-14 dicembre 2008*. A cura di M. Milanese, P. Ruggeri e C. Vismara. Vol. 2. Roma: Carocci, pp. 851–862.
- Bernard, A. (1914). «La région du Haut Tell Tunisien». In: *Annales de Géographie* 23, pp. 172–175.
- Besnier, M. (1904). «Olea, oleum». In: *Dictionnaire des antiquités grecques et romaines*. A cura di C. Daremberg e E. Saglio. Vol. IV. 1877-1919. Paris.
- Bessac, J. (1999). *La construction en pierre*. Collection Archéologiques. Paris: Errance.
- Bevan, A. e J. Conolly (2006). «Multiscalar Approaches to Settlement Pattern Analysis». In: *Confronting scale in archaeology*. A cura di G. Lock e B. L. Molyneux. New York: Springer US, pp. 217–234.
- Biagini, M. (2002). *La trasformazione delle aree forensi tra tardo antico e altomedioevo nelle città dell'Africa Proconsolare. Il foro di Uchi Maius (campagne 1995-2001)*. Tesi di dottorato. Università degli Studi di Siena (menzionato in Vismara 2007b).
- Biagini, M. e L. Gambaro (2007). «L'area 2200 (Foro)». In: *Uchi Maius 3, i frantoi miscellanea*. A cura di C. Vismara. Sassari: Democratica Sarda, pp. 195–216.
- Bintliff, J. (2000). «The concepts of 'site' and 'off site' archaeology in surface artefact survey». In: *Non-Destructive Techniques Applied to Landscape Archaeology*. A cura di M. Pasquinucci e F. Tremont. Oxford: Oxbow Books. Cap. 20.
- Bintliff, J. e K. Sbonias (2000). «Demographic trends: the contribution of regional survey data». In: *Extracting Meanings from Ploughsoil Assemblages*. A cura di R. Francovich e H. Patterson. Oxford: Oxbow, pp. 244–258.
- Bonifay, M. (2007). «Que transportaient donc les amphores africaines?» In: *Supplying Rome and the Empire*. A cura di E. Papi. Portsmouth, R.I.: Journal of Roman Archaeology (Supplement 69), pp. 8–31.
- (2009). «Le vin d'Afrique». In: *Le Vin. Nectare des Dieux. Génie des Hommes*. A cura di J.-P. Brun, M. Poux e A. Tchernia. Gollion: Éditions Infolio, pp. 288–9.
- Bourgou, M. e A. Oueslati (1987). «Les dépôts historiques de la vallée du Kébir-Miliane (Nord-Est de la Tunisie)». In: *Méditerranée* 60.1, pp. 43–49.
- Brandt, H. e F. Kolb (2005). *Lycia et Pamphylia: eine römische Provinz im Südwesten Kleinasiens*. Mainz am Rhein: Verlag Philipp von Zabern.

- Brandt, R., B. J. Groenewoudt e K. L. Kvamme (1992). «An Experiment in Archaeological Site Location: Modeling in the Netherlands using GIS Techniques». In: *World Archaeology* 24.2, pp. 268–282.
- Brogiolo, G. (1997). «Archeologia e istituzioni: statalismo o policentrismo?» In: *Archeologia Medievale* 24, pp. 7–30.
- Brun, A. (1992). «Pollens dans les series marines du Golfe de Gabes et du plateau des Kerkennah (Tunisie): signaux climatiques et anthropiques». In: *Quaternaire* 3, pp. 31–39.
- Brun, A. e M. Rouvillois-Brigol (1985). «Apport de la palynologie à l'histoire du peuplement en Tunisie». In: *Palynologie archéologique. Actes des Journées du 25-26-27 janvier 1984*. A cura di J. Renault-Miskovsky, Bui-Thi-Mai e M. Girard, pp. 213–226.
- Brun, J.-P. (1986). *L'oléiculture antique en Provence. Les huileries du département du Var*. Revue archéologique de Narbonnaise. Paris: Éditions du Centre national de la Recherche scientifique.
- (1993). «La discrimination entre les installations oleicoles et vinicoles». In: *La production du vin et de l'huile en Méditerranée*. A cura di M.-C. Amouretti e J.-P. Brun. Bulletin de correspondance hellénique. Atene-Parigi: Ecole française d'Athènes, pp. 512–537.
- (2003a). *Le vin et l'huile dans la Méditerranée antique. Viticulture, oléiculture et procédés de transformation*. Collection des Hesperides. Paris: Editions Errance.
- (2003b). «Les pressoirs à vin d'Afrique et de Maurétanie à l'époque romaine». In: *Africa, Nouvelle Série* 1, pp. 7–30.
- (2004a). *Archéologie du vin et de l'huile dans l'Empire romain*. Collection des Hesperides. Paris: Editions Errance.
- (2004b). *Archéologie du vin et de l'huile. De la Préhistoire à l'époque hellénistique*. Collection des Hesperides. Paris: Editions Errance.
- (2005). *Archéologie du vin et de l'huile en Gaule romaine*. Collection des Hesperides. Paris: Editions Errance.
- (2007). «Le tecniche di spremitura dell'uva: origini e sviluppo dell'uso del torchio nel mediterraneo occidentale». In: *Archeologia della vite e del vino in Etruria: atti del convegno internazionale di studi, Scansano, Teatro Castagnoli, 9-10 settembre 2005*. A cura di A. Ciacci, P. Rendini e A. Zifferero. Siena: Ci.Vin, pp. 55–67.
- Bruneau, P. e P. Fraisse (1981). «Un pressoir à vin à Delos». In: *BCH* 105, pp. 127–153.
- Butzer, K. W. (1982). *Archaeology as human ecology, method and theory for a contextual approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Buzaian, A. (2009). «A forgotten press building at Lamluda». In: *Lybian Studies* 40, pp. 47–54.
- Cambi, F. e N. Terrenato (1994). *Introduzione all'archeologia dei paesaggi*. Roma: Carocci.
- Camps-Fabrer, H. (1953). *L'olivier et l'huile dans l'Afrique romaine*. Alger: Gouvernement Général de l'Algérie, Direction de l'Intérieur et des Beaux-Arts, Service des Antiquités, Missions archéologiques.
- Campus, G. e G. Luigi (2007). «L'area 25000». In: *Uchi Maius 3, i frantoi miscellanea*. A cura di C. Vismara. Sassari: Democratica Sarda, pp. 217–254.

- Carcopino, J. (1906). «L'inscription d'Ain-el-Djemala. Contribution à l'histoire des saltus africains et du colonat partiaire». In: *Mélanges d'archéologie et d'histoire* 26.1, pp. 365–481.
- Carlsen, J. (1991). «Estate management in Roman North Africa. Transformation or Continuity?» In: *L'Africa romana*. A cura di A. Mastino. Vol. 1. Atti dell'VIII Convegno di studio, Cagliari, 14-16 dicembre 1990. Sassari: Gallizzi, pp. 625–637.
- (1998). «The Rural Landscape of the Segermes Valley: Some Propositions». In: *L'Africa romana: atti del XII Convegno di studio, Olbia, 12-15 dicembre 1996*. A cura di M. Khanoussi, P. Ruggeri e C. Vismara. Vol. 1. Sassari: Democratica Sarda, pp. 239–247.
- (2000). «Property and Production in the Segermes Valley during the Roman Era». In: *Africa proconsularis: regional studies in the Segermes Valley of Northern Tunisia 3. Historical conclusions*. A cura di P. Ørsted, J. Carlsen, L. Ladjimi Sebaï e H. Ben Hassen. Århus: Aarhus University Press, pp. 105–131.
- Carlsen, J. e H. Tvarnø (1990). «The Segermes Valley Archaeological Survey (Region of Zaghouan). An Interim Report». In: *L'Africa romana: atti del VII Convegno di studio, Sassari, 15-17 dicembre 1989*. A cura di A. Mastino. Vol. 2. Sassari: Gallizzi, pp. 803–813.
- Carrer, F. (2012). *Etnoarcheologia dei Paesaggi Pastoralis nelle Alpi: Strategie Insediative Stagionali d'Alta Quota in Trentino*. Tesi di dottorato. Università degli Studi di Trento.
- Carton, L. B. C. (1895). *Découvertes épigraphiques et archéologiques faites en Tunisie (région de Dougga)*. Paris: Leroux.
- Casarotto, A., A. De Guio, F. Ferrarese e G. Leonardi (2011). «A Gis-Based Archaeological Predictive Model for the Study of Protohistoric Location-Allocation Strategies (Eastern Lessinia, VR/VI)». In: *IpoTESI di Preistoria* 4.2, pp. 1–24.
- Cataudella, M. R. (1989). «L'economia africana del basso impero: realtà di una crisi?» In: *L'Africa romana: atti del VI Convegno di studio, Sassari, 16-18 dicembre 1988*. A cura di A. Mastino. Vol. 1. Sassari: Gallizzi, pp. 373–385.
- Cavulli, F. e A. Pedrotti (2013). «AIS, Archaeological Information System: un WebGIS come strumento di lavoro del progetto APSAT: la struttura dei dati». In: *APSAT 2. Paesaggi d'altura del Trentino. Evoluzione naturale e aspetti culturali*. A cura di D. E. Angelucci, L. Casagrande, A. Colecchia e M. Rottoli. Mantova: SAP Società Archeologica, pp. 11–39.
- Chandio, I. A., A. N. Matori, D. U. Lawal e S. Sabri (2011). «GIS-based land suitability analysis using AHP for public parks planning in Larkana City». In: *Modern Applied Science* 5, pp. 177–189.
- Christaller, W. (1980). *Le località centrali della Germania Meridionale. Un'analisi geografica sulla regolarità della distribuzione, dello sviluppo degli insediamenti con funzioni urbane*. Milano: Franco Angeli.
- Christophle, M. (1930). *Essai de restitution d'un moulin à huile de l'époque romaine à Madaure*. Algeri: Jules Carbonel.
- Church, T., R. J. Brandon e G. R. Burgett (2005). «GIS Applications in Archaeology: Method in Search of Theory». In: *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit*. A cura di K. L. Wescott e R. J. Brandon. London: Taylor & Francis e-Library. Cap. 8, pp. 144–166.

- Cirelli, E., F. Felici e M. Munzi (2012). «Insediamenti fortificati nel territorio di Leptis Magna tra III e XI secolo». In: *Paesaggi, comunità, villaggi medievali. Atti del Convegno internazionale di studio (Bologna, 14-16 gennaio 2010)*. A cura di P. Galetti. Incontri di studio. Spoleto, pp. 763–774.
- Clark, P. J. e F. C. Evans (1954). «Distance to Nearest Neighbor as a Measure of Spatial Relationships in Populations». In: *Ecology* 35.4, pp. 445–453.
- Conant, J. (2012). *Staying Roman. Conquest and Identity in Africa and the Mediterranean, 439–700*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Conolly, J. e M. W. Lake (2006). *Geographical information systems in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Courtois, C., L. Leschi, C. Perrat e C. Saumagne, a cura di (1952). *Tablettes Albertini: actes privés de l'époque vandale (fin du V siècle)*. Paris: Arts et métiers graphiques.
- Cowper, H. S. (1897). *The Hill of the Graces: a record of investigation among the trilithons and megalithic sites of Tripoli*. London: Methuen & Co.
- Dalla Bona, L. (2005). «Protecting Cultural Resources through Forest Management Planning in Ontario Using Archaeological Predictive Modeling». In: *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit*. A cura di K. L. Wescott e R. J. Brandon. London: Taylor & Francis e-Library. Cap. 5, pp. 78–106.
- De Haas, T. (2012). «Beyond dots on the map: intensive survey data and the interpretation of small sites and off-site distributions». In: *Comparative Issues in the Archaeology of the Roman Rural Landscape: Site Classification Between Survey, Excavation and Historical Categories*. A cura di P. A. J. Attema e G. Schörner. Portsmouth, R.I.: Journal of Roman Archaeology, pp. 55–79.
- De Sena, E. C. (2005). «An Assessment of Wine and Oil Production in Rome's Hinterland: Ceramic, Literary, Art Historical and Modern Evidence». In: *Roman villas around the Urbs: interaction with landscape and environment: proceedings of a conference at the Swedish Institute in Rome, September 17-18, 2004*. 2, pp. 135–149.
- De Vos, M. (2000). *Rus Africum: Terra, Acqua, Olio nell'Africa Settentrionale: Scavo e ricognizione nei dintorni di Dougga (Alto Tell Tunisino)*. Labirinti 50. Trento: Università degli studi di Trento. Dipartimento di scienze filologiche e storiche.
- (2007a). «Olio d'oliva per Roma e per il mercato intraregionale». In: *Supplying Rome and the Empire*. A cura di E. Papi. Supplement 69. Portsmouth, RI: Journal of Roman Archaeology, pp. 43–58.
- (2007b). «Sleeping Beauty. The Digital Archaeological Map of East Algeria, 2003-2005: National Park of El-Kala». In: *Southern Mediterranean Countries and Italy. New Perspectives on Excavation, Restoration and Conservation Activities*. Il Cairo: Istituto Italiano di Cultura del Cairo, pp. 1–25.
- (2008). «Caratteristiche della costruzione degli impianti produttivi rurali nell'Africa Proconsularis». In: *Arqueología de la construcción I: los procesos constructivos en el mundo romano: Italia y provincias occidentales: encuentro celebrado en (Mérida, Instituto de Arqueología, 25-26 de octubre de 2007)*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, pp. 267–282.

- (2013). «The Rural Landscape of Thugga: Farms, Presses, Mills and Transport». In: *The Roman Agricultural Economy. Organization, Investment, and Production*. A cura di A. K. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 6, pp. 143–218.
- De Vos, M. e R. Attoui (2011). *Projet Carte Archéologique de l'Est Algérien, Compte-rendu 2003-2011*. Trento; Alger: Università degli Studi di Trento; Centre National de Recherche en Archéologie.
- (2013). *Rus Africum. Tome I: Le paysage rural antique autour de Dougga et Téboursook: cartographie, relévés et chronologie des établissements*. Bibliotheca Archaeologica, 31. Bari: Edipuglia.
- (2015a). «Quarries in rural landscapes of North Africa». In: *ASMOSIA X. Proceedings of the 10th International Conference, Rome 21-26 May 2012*. Roma: L'Erma di Bretschneider, pp. 641–650.
- (2015b). *Rus Africum. Tome III. La Via a Karthagine Thevestem, ses milliaires et le réseau routier rural de la région de Dougga et Téboursook*. Bibliotheca Archaeologica, 37. Bari: Edipuglia.
- De Vos, M., R. Attoui e M. Andreoli (2011). «Hand and 'donkey' mills in North African farms». In: *Bread for the people: the archaeology of mills and milling. Proceedings of a colloquium held in the British School at Rome, 4th-7th November 2009*. A cura di D. F. Williams e D. Peacock. University of Southampton Series in Archaeology, 3. Oxford: Archaeopress, pp. 131–150.
- De Vos, M., R. Attoui e A. Battisti (2014). *Rus Africum. Tome II: le paysage rural antique autour de Dougga: l'aqueduc Aïn Hammam-Thugga, cartographie et relevés*. Bibliotheca Archaeologica, 34. Bari: Edipuglia.
- Di Bartolomeo, M. (2008). «Implementazione di un WebGIS open source per la gestione di dati archeologici, paleogeomorfologici e storico-cartografici relativi alla rete idrografica antica di Aquileia». Tesi di dott.
- Di Zio, S. e D. Bernabei (2009). «Un modello GIS multicriterio per la costruzione di mappe di plausibilità per la localizzazione di siti archeologici: il caso della costa teramana». In: *Archeologia e Calcolatori XX*, pp. 309–329.
- Dietz, S., L. Ladjimi Sebaï e H. Ben Hassen, a cura di (1995). *Africa proconsularis: regional studies in the Segermes Valley of Northern Tunisia 1. Archaeological field work*. Århus: Aarhus University Press.
- Diggs, D. M. e R. H. Brunswig (2013). «The Use of GIS and Weights-of-Evidence in the Reconstruction of a Native American Sacred Landscape in Rocky Mountain National Park, Colorado». In: *Continuity and Change in Cultural Mountain Adaptations: From Prehistory to Contemporary Threats*. A cura di L. R. Lozny. New York: Springer. Cap. 8, pp. 207–228.
- Djindjian, F. (1998). «GIS usage in world-wide archaeology». In: *Methodological Trends and Future Perspectives in the Application of GIS in Archaeology*. A cura di P. Moscati, pp. 19–30.
- (2008). «Web Mapping in the historical and archaeological sciences. An introduction». In: *Archeologia e Calcolatori 19*, pp. 9–16.

- Dore, C. D. e L. Wandsnider (2006). «Modeling for Management in a Compliance World». In: *GIS and archaeological site location modeling*. A cura di M. W. Mehrer e K. L. Wescott. London: Taylor & Francis e-Library. Cap. 4, pp. 66–88.
- Dossey, L. (2010). *Peasant and empire in Christian North Africa*. Berkeley: University of California Press.
- Drachmann, A. G. (1932). *Ancient Mills and Presses*. Copenhagen.
- Drine, A. (1999). «Restes de pressoirs à huile et à vin à Gighi et à Zarzis». In: *Africa* 17, pp. 47–68.
- Drobne, S. e A. Lisec (2009). «Multi-attribute Decision Analysis in GIS: Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging». In: *Informatica* 33, pp. 459–474.
- Duncan, R. B. e K. A. Beckman (2005). «The Application of GIS Predictive Site Location Models within Pennsylvania and West Virginia». In: *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit*. A cura di R. J. Brandon e K. L. Wescott. London: Taylor & Francis e-Library, pp. 37–61.
- Duval, N. (1964). «Observations sur l'urbanisme tardif de Sufetula (Tunisie)». In: *Cahiers de Tunisie* 12, pp. 87–103.
- (1999). «L'église V (des Saints-Gervais-Protas-et-Tryphon) à Sbeitla (Sufetula), Tunisie. [Recherches 1954-1963]». In: *Mélanges de l'Ecole française de Rome. Antiquité* 111.2, pp. 927–989.
- Dyson, S. L. (2000). *Community and society in Roman Italy*. London: Johns Hopkins University Press.
- Eastman, J. R. (1999). «Multi-criteria evaluation and GIS». In: *Geographical information systems* 1, pp. 493–502.
- Ebert, J. I. (2005). «The State of the Art in 'Inductive' Predictive Models. Seven Big Mistakes (and Lots of Smaller Ones)». In: *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit*. A cura di K. L. Wescott e R. J. Brandon. London: Taylor & Francis e-Library. Cap. 8, pp. 137–143.
- Eitam, D. (1993). «'Between the [olive] rows, oil will be produced, presses will be trod . . .' (Job 24,11).» In: *La production du vin et de l'huile en Méditerranée*. A cura di M.-C. Amouretti e J.-P. Brun. Bulletin de correspondance hellénique. Atene-Parigi: Ecole française d'Athènes, pp. 65–90.
- Engels, D. (1990). *Roman Corinth: an alternative model for the classical city*. Chicago: Chicago University Press.
- Farinelli, R. e F. Olivelli (2009). «La rank size rule e il popolamento medievale in Toscana meridionale». In: *Geografie del popolamento: casi di studio, metodi e teorie*. A cura di G. Macchi Jánica. Siena: Edizioni dell'Università, pp. 167–178.
- Faust, D., C. Zielhofer, R. Baena Escudero e F. Diaz Del Olmo (2004). «High-resolution fluvial record of late Holocene geomorphic change in northern Tunisia: Climatic or human impact?» In: *Quaternary Science Reviews* 23, pp. 1757–1775.
- Fentress, E. (2011). «The North African peasants speak». In: *Journal of Roman Archaeology* 24, pp. 847–850.

- (2013). «Diana Veteranorum and the Dynamics of an Inland Economy». In: *Late Antique Archaeology* 10.1, pp. 315–342.
- Fentress, E., A. Drine e R. Holod, a cura di (2009). *An island through time: Jerba studies. Volume 1. The Punic and Roman periods*. Vol. 1. Supplementary Series 71. Portsmouth, Rhode Island: Journal of Roman Archaeology.
- Fentress, E. e S. Fontana (2009a). «The productive landscape». In: *An island through time: Jerba studies. Volume 1. The Punic and Roman periods*. A cura di E. Fentress, A. Drine e R. Holod. Supplementary Series 71. Portsmouth, Rhode Island: Journal of Roman Archaeology. Cap. 7, pp. 86–95.
- (2009b). «The rural landscape and economy». In: *An island through time: Jerba studies. Volume 1. The Punic and Roman periods*. A cura di E. Fentress, A. Drine e R. Holod. Supplementary Series 71. Portsmouth, Rhode Island: Journal of Roman Archaeology. Cap. 12, pp. 188–200.
- Fentress, E., S. Fontana, R. B. Hitchner e P. Perkins (2004). «Accounting for ARS: fineware and sites in Sicily and Africa». In: *Side-by-side survey: comparative regional studies in the Mediterranean World*. A cura di S. E. Alcock e J. F. Cherry. Oxford: Oxbow Books, pp. 147–162.
- Fenwick, C. (2013). «From Africa to Ifriqiya: Settlement and Society in Early Medieval North Africa (650–800)». In: *Al-Masaq* 25.1, pp. 9–33.
- Ferchiou, N. e L. Ladjimi Sebaï (2002). «Stabilité politique et prospérité économique de l’Afrique au Bas-Empire à travers un texte inédit provenant de Hr. el Oust (Tunisie)». In: *Africa* XIX, pp. 29–45.
- Fisher, P., J. Wood e T. Cheng (2005). «Fuzziness and Ambiguity in Multi-Scale Analysis of Landscape Morphometry». In: *Fuzzy Modeling with Spatial Information for Geographic Problems*. A cura di F. E. Petry, V. B. Robinson e M. A. Cobb. Berlin: Springer, pp. 209–232.
- Fletcher, M. e G. Lock (2005). *Digging numbers: elementary statistics for archaeologists*. Oxford: Oxford University School of Archaeology.
- Fontana, S. (2009). «La ceramica tra l’età punica e la tarda antichità». In: *An island through time: Jerba studies. Volume 1. The Punic and Roman periods*. A cura di E. Fentress, A. Drine e R. Holod. Supplementary Series 71. Portsmouth, Rhode Island: Journal of Roman Archaeology. Cap. 16, pp. 241–319.
- Fontana, S., M. Munzi e G. Ricci (1996). «Insediamenti agricoli di età ellenistica e romana nell’area dell’Uadi Bendar (Leptis Magna)». In: *Libya Antiqua* 2, pp. 67–72.
- Forbes, H. (1992). «The Ethnoarchaeological Approach to Ancient Greek Agriculture: Olive Cultivation as a Case Study». In: *Agriculture in Ancient Greece*. A cura di B. Wells. Stockholm: Svenska Institutet i Athen, pp. 87–104.
- Forbes, H. e L. Foxhall (1978). «The Queen of all Trees. Preliminary Notes on the Archaeology of the Olive». In: *Expedition* 21, pp. 37–47.
- Forbes, R. J. (1965). *Studies in ancient technology*. Leiden: Brill.
- Forte, M. (2002). *I Sistemi Informativi Geografici in Archeologia*. Roma: MondoGIS.

- Fotheringham, A. S. e F. B. Zhan (1996). «A comparison of three exploratory methods for cluster detection in spatial point patterns». In: *Geographical analysis* 28.3, pp. 200–218.
- Foxhall, L. (2007). *Olive Cultivation in Ancient Greece: Seeking the Ancient Economy*. Oxford: Oxford University Press.
- Frankel, R. (1999). *Wine and oil production in antiquity in Israel and other Mediterranean countries*. Sheffield: Sheffield academic press.
- Frier, B. W. (1979). «Law, Technology, and Social Change: the Equipping of Italian Farm Tenancies». In: *Zeitschrift der Savigny-Stiftung fuer Rechtsgeschichte, Romanische Abteilung* 96, pp. 204–28.
- Fry, G. L. A., B. Skar, G. Jerpåsen, V. Bakkestuen e L. Erikstad (2004). «Locating archaeological sites in the landscape: A hierarchical approach based on landscape indicators». In: *Landscape and Urban Planning* 67, pp. 97–107.
- Gallo, P. e V. Roberto (2012). «ANTEO: Sharing Archaeological Data on a WebGIS Platform». In: *NTA-2012 the New Technologies for Aquileia: Proceedings of the 2nd Workshop on the New Technologies for Aquileia, Aquileia, Italy, 2012*. A cura di L. Fozzati e V. Roberto, pp. C1–C10.
- Gascou, J. (1981). «Le nom de l'oued Medjerda dans l'Antiquité romaine». In: *Antiquités africaines* 17.1, pp. 15–19.
- Gattiglia, G. (2009). «Open digital archives in archeologia. Good practice». In: *ARCHEO-FOSS Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IV Workshop (Roma, 27-28 aprile 2009)*. A cura di P. Cignoni, S. Palombini e S. Pescarin. Archeologia e Calcolatori, supplemento 2, pp. 49–63.
- Gauckler, P. (1896). «Note sur la vallée inférieure de la Siliana à l'époque romaine, d'après les documents archéologiques relevés par M. Hilaire, lieutenant au 4° bataillon d'infanterie légère». In: *Bulletin Archéologique du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Afrique du Nord*, pp. 287–301.
- Gelichi, S. e M. Milanese (2001). «La trasformazione degli spazi pubblici di una città della Proconsulare dal V al VII secolo. Nuovi dati sull'abitato di Uchi Maius (Tunisia)». In: *Società multiculturali nei secoli V - IX: scontri, convivenza, integrazione nel Mediterraneo occidentale ; atti delle VII Giornate di Studio sull'Età Romanobarbarica, Benevento, 31 maggio - 2 giugno 1999*. A cura di M. Rotili. Arte tipografica, pp. 337–352.
- Gervasini, L. (1998). *De villa perfecta: un torchio oleario romano*. Genova: Luna.
- Ghaki, M. (2003). «Dougga la numide. L'apport de l'épigraphie libyque». In: *Itinéraire de Saintes à Dougga. Mélanges offerts à Louis Maurin*. A cura di J. Bost, J. Roddaz e F. Tassaux. Bordeaux: Ausonius, pp. 181–187.
- Ghalia, T. (2000). «Das Römische Landhaus von Wadi R'mel (Zriba, Zaghouan)». In: *Der Ölbaum in der Ausstellung für Kulturerbe und Bildende Künste*, pp. 56–60.
- Gherdevich, D. (2009). «Insediamenti e viabilità medievale nel Friuli Venezia Giulia: nuovi dati dall'analisi spaziale». In: *Geografie del popolamento: casi di studio, metodi e teorie*. A cura di G. Macchi Jánica. Siena: Edizioni dell'Università, pp. 41–49.
- Goodchild, H. (2007). «Modelling Roman Agricultural Production in the Middle Tiber Valley, Central Italy». PhD.

- (2013). «GIS Models of Roman Agricultural Production». In: *The Roman Agricultural Economy. Organization, Investment, and Production*. A cura di A. K. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 3, pp. 55–83.
- Goreaud, F. e R. Pélissier (2000). «Spatial structure analysis of heterogeneous point patterns». In: *ADS in ADE-4 Topic Documentation*. Cap. 8.1, pp. 1–49.
- Grassucci, R. (2011). «MPic: un primo tentativo di interoperabilità tra sistemi». In: *SITAR - Sistema Informativo Territoriale Archeologico di Roma*. A cura di M. Serlorenzi. Atti del I. Roma: Iona Edizioni, pp. 143–153.
- Gsell, S. (1911). *Atlas archéologique de l'Algérie: édition spéciale des cartes au 200.000e du Service Géographique de l'Armée, avec un texte explicatif rédigé par Stéphane Gsell*. Alger; Paris: A. Jourdan; Fontemoing & Cie.
- (1914). *Histoire ancienne de l'Afrique du nord*. Vol. 1. Paris: Hachette.
- Hageman, J. e D. Bennett (2005). «Construction of Digital Elevation Models for Archaeological Applications». In: *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit*. A cura di K. L. Wescott e R. J. Brandon. London: Taylor & Francis e-Library. Cap. 7, pp. 114–127.
- Al-Hanbali, A. (2011). «Using GIS-Based Weighted Linear Combination Analysis and Remote Sensing Techniques to Select Optimum Solid Waste Disposal Sites within Mafraq City, Jordan». In: *Journal of Geographic Information System* 3, pp. 267–278.
- Hansen, C. G. (1995). «Architectural studies». In: *Africa proconsularis: regional studies in the Segermes Valley of Northern Tunisia 1. Archaeological field work*. A cura di S. Dietz, L. Ladjimi Sebaï e H. Ben Hassen. Århus: Aarhus University Press, pp. 177–379.
- (2000). «Settlement Structure». In: *Africa proconsularis: regional studies in the Segermes Valley of Northern Tunisia 3. Historical conclusions*. A cura di P. Ørsted, J. Carlsen, L. Ladjimi Sebaï e H. Ben Hassen. Århus: Aarhus University Press, pp. 58–72.
- Hilaire, M. e Vellard (1896). «Étude sur la défense de la vallée de la Siliana pendant l'occupation byzantine». In: *Congrès de Carthage, 4 avril 1896, Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences*, pp. 829–40.
- Hilali, A. (2008). «In vino veritas: la vérité sur une richesse africaine à l'époque romaine». In: *L'Africa romana: atti del XVII Convegno di studio, Sevilla, 14 - 17 dicembre 2006*. A cura di J. González, P. Ruggeri, C. Vismara e R. Zucca. Vol. 1. Roma: Carocci, pp. 223–236.
- Hitchner, R. B. (1988). «The Kasserine Archaeological Survey, 1982-1986». In: *Antiquités africaines* 24, pp. 7–41.
- (1989). «The organization of rural settlement in the Cillium-Thelepte region (Kasserine, central Tunisia)». In: *L'Africa romana: atti del VI Convegno di studio, Sassari, 16-18 dicembre 1988*. A cura di A. Mastino. Vol. 1. Sassari: Gallizzi, pp. 388–402.
- (1990). «The Kasserine Archaeological Survey. 1987». In: *Antiquités africaines* 26, pp. 231–259.
- (1993). «The Kasserine Archaeological Survey 1982–1985». In: *Africa* 11-12, pp. 158–197.
- (1995). «Historical text and archaeological context in Roman North Africa: The Albertini Tablets and the Kasserine Survey». In: *Methods in the Mediterranean: historical and*

- archaeological views on texts and archaeology*. A cura di D. B. Small. Leiden: Brill, pp. 124–142.
- Hitchner, R. B. (2002). «Olive production and the roman economy: the case for intensive growth in the roman empire». In: *The ancient economy*. A cura di W. Scheidel e S. Von Reden. New York: Edinburgh University Press, pp. 71–83.
- (2012). «Roads, Integration, Connectivity, and Economic Performance in the Roman Empire». In: *Highways, Byways, and Road Systems in the Pre-Modern World*. A cura di S. E. Alcock, J. Bodel e R. J. A. Talbert. Chichester: Wiley & Sons. Cap. 11, pp. 222–234.
- Hobson, M. S. (2012). *The African Boom? Evaluating Economic Growth in the Roman Province of Africa Proconsularis*. Tesi di dottorato. University of Leicester.
- Horde, P. e N. Purcell (2000). *The corrupting Sea. A study of Mediterranean History*. Oxford: Blackwell.
- Johnson, G. A. (1980). «Rank-Size Convexity and System Integration: A View from Archaeology». In: *Economic Geography* 56.3, pp. 234–247.
- Johnson, I. (1998). «GIS application in Australian and New Zealand archaeology – A Review». In: *Archeologia e Calcolatori* 9, pp. 81–126.
- Jones, G. D. B. (1985). «The libyan valleys survey: the development of settlement survey». In: *Town and country in Roman Tripolitania: papers in honour of Olwen Hackett*. A cura di O. Hackett, D. J. Buck e D. J. Mattingly. BAR international series, 274. Oxford, England, pp. 263–289.
- Jongman, W. (2009). «Archaeology, Demography, and Roman Economic Growth». In: *Quantifying the Roman Economy: Methods and Problems*. A cura di A. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 4, pp. 115–126.
- Joolen, E. V. (2003). *Archaeological Land Evaluation: A Reconstruction of the Suitability of Ancient Landscapes for Various Land Uses in Italy Focused on the First Millennium BC*. Tesi di dottorato. University of Groningen.
- Kaegi, W. E. (2010). *Muslim Expansion and Byzantine Collapse in North Africa*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kamermans, H. (2000). «Land evaluation as predictive modelling: a deductive approach». In: *Beyond the map: archaeology and spatial technologies*. A cura di G. Lock. Amsterdam; Washington, DC; Tokyo: IOS Press, pp. 124–146.
- (2006). «Problems in Paleolithic Land Evaluation: A Cautionary Tale». In: *GIS and archaeological site location modeling*. A cura di M. W. Mehrer e K. L. Wescott. London: Taylor & Francis e-Library. Cap. 5, pp. 89–114.
- (2010). «The Application of Predictive Modelling in Archaeology: Problems and Possibilities». In: *Beyond the Artifact. Digital Interpretation of the Past. Proceedings of CAA2004, Prato 13–17 April 2004*. A cura di F. Nicolucci e S. Hermon. Budapest: Archeaeolingua, pp. 273–277.
- Kassab, A. (1980). *Études rurales en Tunisie*. Géographie. Tunis: Impr. officielle de la République tunisienne.

- Keay, S. J. e R. E. Witcher (2009). «Predictive modelling of Roman settlement in the middle Tiber valley». In: *Archeologia e Calcolatori* XX, pp. 277–290.
- Kehoe, D. P. (1984). «Private and Imperial Management of Roman Estates in North Africa». In: *Law and History Review* 2.2, pp. 241–263.
- (1988). *The economics of agriculture on Roman imperial estates in North Africa*. Hypomnemata 89. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- (2007). *Law and the rural economy in the Roman Empire*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- (2013). «The State and Production in the Roman Agrarian Economy». In: *The Roman Agricultural Economy. Organization, Investment, and Production*. A cura di A. K. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 2, pp. 33–54.
- Khanoussi, M. e A. Mastino (1997). *Uchi Maius 1, scavi e ricerche epigrafiche in Tunisia*. Sassari: Pubblicazioni del Dipartimento di storia dell'Università degli studi di Sassari.
- (2006). *Uchi Maius 2, le Iscrizioni*. Sassari: Pubblicazioni del Dipartimento di storia dell'Università degli studi di Sassari.
- Khanoussi, M. e L. Maurin (2000). *Dougga, fragments d'histoire: choix d'inscriptions latines éditées, traduites et commentées (Ier-IVe siècles)*. Mémoires, 3. Bordeaux: Éditions de Boccard.
- Kiskowski, M. a., J. F. Hancock e A. K. Kenworthy (2009). «On the use of Ripley's K-function and its derivatives to analyze domain size». In: *Biophysical Journal* 97.4, pp. 1095–1103.
- Kolendo, J. (1976). *Le Colonat en Afrique sous le Haut Empire*. Annales littéraires de l'Université de Besançon. 177. Paris: Les Belles Lettres.
- Kolstrup, E. (1995). «Holocene Vegetational Records from the Segermes Valley, NE Tunisia with Special Reference to the Roman Period». In: *Africa proconsularis: regional studies in the Segermes Valley of Northern Tunisia 1. Archaeological field work*. Århus: Aarhus University Press, pp. 87–109.
- Krebs, C. (2014). *Ecological Methodology*. 3^a ed. Benjamin/Cummings.
- Kuna, M. (2000). «Comments on archaeological prediction». In: *Beyond the map: archaeology and spatial technologies*. A cura di G. Lock. Amsterdam; Washington, DC; Tokyo: IOS Press, pp. 180–186.
- Kvamme, K. L. (1988). «Development and testing of quantitative models». In: *Quantifying the present and predicting the past: theory, method, and application of archaeological predictive modeling*. A cura di W. J. Judge e L. Sebastian. Denver, CO: U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Land Management, pp. 325–428.
- (1990). «One-Sample Tests in Regional Archaeological Analysis: New Possibilities through Computer Technology». In: *American Antiquity* 55.2, pp. 367–381.
- (1999). «Recent Directions and Developments in Geographical Information Systems». In: *Journal of Archaeological Research* 7.2, pp. 153–201.

- Kvamme, K. L. (2006). «There and back again: Revisiting archaeological locational modeling». In: *GIS and archaeological site location modeling*. A cura di M. W. Mehrer e K. L. Wescott. London: Taylor & Francis e-Library. Cap. 1, pp. 2–34.
- Lanfranchi, R. (2004). *I torchi per la pressatura delle olive. I ritrovamenti nel territorio di Dougga*. Tesi di laurea quadriennale. Università degli Studi di Trento.
- (2008). *I torcularia romani e tardo-antichi in Algeria e in Tunisia*. Tesi di dottorato. Università degli Studi di Siena.
- Laporte, J. (1974). «La Tudicula, machine antique à écraser les olives, et les massues de bronze d’Afrique du Nord». In: *Bulletin archéologique du Comité des travaux historiques et scientifiques*, pp. 167–174.
- (1985). «Fermes, huileries et pressoirs de Grande Kabylie». In: *BCTH* 19, pp. 127–146.
- Lee, J. (2008). «Spatial Data Analysis in 3D GIS». In: *Advances in 3D Geoinformation Systems*. A cura di P. van Oosterom, S. Zlatanova, F. Penninga e E. M. Fendel. Berlin: Springer. Cap. 26, pp. 435–438.
- Leone, A. (2005). «Topographies of Production in North African Cities during the Vandal and Byzantine Periods». In: *Theory and Practice in Late Antique Archaeology*. A cura di L. Lavan e W. Bowden. Leiden; Boston: Brill, pp. 257–287.
- (2007). *Changing Townscapes in North Africa from Late Antiquity to the Arab Conquest*. Bari: Edipuglia.
- Leveau, P. (1983). «La ville antique et l’organisation de l’espace rurale: villa, ville, village». In: *Annales économie, sociétés, civilisations* 38, pp. 920–942.
- (1984). *Caesarea de Maurétanie*. Publications de l’École française de Rome. École française de Rome.
- (1988). «Le pastoralisme dans l’Afrique antique». In: *Pastoral economies in classical antiquity*. A cura di C. R. Whittaker. Cambridge Philological Society Suppl. 14. Cambridge, pp. 177–195.
- (1990). «L’organisation de l’espace agricole en Afrique à l’époque romaine». In: *L’Afrique dans l’Occident romain (Ier siècle av. J.-C.-IVe siècle ap. J.-C.)*. Actes du colloque de Rome (3-5 décembre 1987). Publications de l’École française de Rome. Roma: École française de Rome, pp. 129–141.
- (2005). «À propos de l’huile et du vin en Afrique romaine ou pourquoi « déromaniser » l’archéologie des campagnes d’Afrique». In: *Pallas* 68, pp. 77–89.
- (2007). «La oleicultura en la Numidia y en las Mauritánias (Argelia y Marruecos)». In: *Tierras del olivo*. Granada: Fundación El Legado Andalusi, pp. 51–65.
- (2009). «Les conditions environnementales dans le nord de l’Afrique à l’époque romaine. Contribution historiographique à l’histoire du climat et des relations homme / milieu». In: *Sociétés et climats dans l’Empire romain. Pour une perspective historique et systémique de la gestion des ressources en eau dans l’Empire romain*. A cura di E. Hermon. Napoli: Editoriale Scientifica, pp. 309–348.
- (2011). «L’olivier et l’oléiculture dans l’histoire et le patrimoine paysager de la Tunisie. Synthèse». In: *L’olivier en Méditerranée. Entre Histoire et Patrimoine*. Vol. 1. Sousse: Université de la Manouba, pp. 409–431.

- Lewit, T. (2012). «Oil and wine press technology in its economic context: screw presses, the rural economy and trade in Late Antiquity». In: *Antiquité Tardive: revue internationale d'histoire et d'archéologie* 20, pp. 137–149.
- Lo Cascio, E. (2009). «Urbanization as a Proxy of Demographic and Economic Growth». In: *Quantifying the Roman Economy: Methods and Problems*. A cura di A. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 2, pp. 87–106.
- Locatelli, D. (2008). «L'oro verde di Malta. Stime sulla produzione olearia nella villa San Pawl Milqi». In: *L'Africa romana: atti del XVII Convegno di studio, Sevilla, 14 - 17 dicembre 2006*. A cura di J. González, P. Ruggeri, C. Vismara e R. Zucca. Vol. 2. Roma: Carocci, pp. 1351–1374.
- Lock, G. e T. Harris (2006). «Enhancing Predictive Archaeological Modeling: Integrating Location, Landscape, and Culture». In: *GIS and archaeological site location modeling*. A cura di M. W. Mehrer e K. L. Wescott. London: Taylor & Francis e-Library. Cap. 2, pp. 36–55.
- Lock, G. e J. Pouncett (2011). «Modelling Colluviation: Land Use and Landscape Change in the South Cadbury Environs». In: *On the Road to Reconstructing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA). Proceedings of the 36th International Conference. Budapest, April 2-6, 2008*. A cura di E. Jerem, F. Redó e V. Szeverényi. Budapest: Archeaeolingua, pp. 364–372.
- Macchi Jánica, G. (2009). *Spazio e misura: introduzione ai metodi geografico-quantitativi applicati allo studio dei fenomeni sociali*. Siena: Edizioni dell'Università.
- Malczewski, J. (2000). «On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches». In: *Transactions in GIS* 4, pp. 5–22.
- (2004). «GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview». In: *Progress in Planning* 62, pp. 3–65.
- Mannoni, T. (2004). «L'analisi critica nei problemi di cultura materiale: il caso dei torchi antichi». In: *Archeologia del territorio. Metodi, materiali, prospettive. Medjerba e Adige: due territori a confronto*. A cura di M. de Vos. Labirinti 73. Trento: Università degli studi di Trento. Dipartimento di Scienze Filologiche e Storiche, pp. 171–176.
- Marlière, É. (2009). «Outres et Tonneaux». In: *Le Vin. Nectare des Dieux. Génie des Hommes*. A cura di J.-P. Brun, M. Poux e A. Tchernia. Gollion: Éditions Infolio. Cap. 14, pp. 293–303.
- Marlière, É. e J. Torres Costa (2007). «Transport et stockage des denrées dans l'Afrique romaine: le rôle de l'outre et du tonneau». In: *In Africa et in Hispania: études sur l'huile africaine*. A cura di A. Mrabet e J. Remesal Rodríguez. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona, pp. 85–106.
- Marras, A. M. (2013). «Una Volta era Il Webgis. La Cartografia Archeologica sul web: passato, presente e prospettive future». In: *ARCHEOFOSS Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del VII Workshop (Roma, 11-13 giugno 2012)*. A cura di M. Serlorenzi. Archeologia e Calcolatori, supplemento 4, pp. 120–127.

- Martin, R. (1971). *Recherches sur les agronomes latins et leurs conceptions économiques et sociales*. Paris: Les Belles Lettres.
- Marzano, A. (2011). «Rank-Size Analysis and the Roman Cities of the Iberian Peninsula and Britain». In: *Settlement, urbanization, and population*. A cura di A. K. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 8, pp. 196–228.
- (2013a). «Agricultural Production in the Hinterland of Rome: Wine and Olive Oil». In: *The Roman Agricultural Economy. Organization, Investment, and Production*. A cura di A. K. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 4, pp. 85–106.
- (2013b). «Capital Investment and Agriculture: Multi-Press Facilities from Gaul, the Iberian Peninsula and the Black Sea region». In: *The Roman Agricultural Economy. Organization, Investment, and Production*. A cura di A. K. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 5, pp. 107–142.
- Masi, A. (2005). «Un esempio di archeologia dell'agricoltura: i palmenti». In: *Vinum*. A cura di A. Ciacci, A. Zifferero e A. Masi. Siena: Ci. Vin., pp. 83–95.
- Mastino, A. (1999). «I Severi nel Nord Africa». In: vol. 2. Roma: Edizioni Quasar, pp. 359–417.
- Mattera, P. (2011). «Il sistema informativo territoriale della Conservatoria immobiliare del Comune di Roma. Interscambio dati e interazione tra sistemi». In: *SITAR - Sistema Informativo Territoriale Archeologico di Roma*. A cura di M. Serlorenzi. Atti del I. Roma: Iona Edizioni, pp. 77–93.
- Mattingly, D. J. (1985). «Olive oil production in roman Tripolitania». In: *Town and country in Roman Tripolitania: papers in honour of Olwen Hackett*. A cura di O. Hackett, D. J. Buck e D. J. Mattingly. BAR international series, 274. Oxford, England, pp. 27–46.
- (1988). «Megalithic Madness and Measurement or How Many Olives Could an Olive Press Press?» In: *Oxford Journal of Archaeology* 7.2, pp. 177–195.
- (1989). «Olive Cultivation and the Albertini Tablets». In: *L'Africa romana: atti del VI Convegno di studio, Sassari, 16-18 dicembre 1988* 1.6. A cura di A. Mastino, pp. 403–415.
- (1993). «Maximum figures and maximizing strategies of oil production? Further thoughts on the processing capacity of Roman olive presses». In: *La production du vin et de l'huile en Méditerranée*. A cura di M.-C. Amouretti e J.-P. Brun. Bulletin de correspondance hellénique. Atene-Parigi: Ecole française d'Athènes, pp. 483–98.
- (1994). «Regional variation in Roman Oleoculture: some problems of Comparability». In: *Landuse in the Roman Empire*. A cura di J. Carlsen, P. Ørsted e J. E. Skydsgaard. Analecta Romana Instituti Danici. Rome: L'Erma di Bretschneider, pp. 115–126.
- (1996a). «First fruit? The olive in the Roman world». In: *Human Landscapes in Classical Antiquity: Environment and Culture*. A cura di G. Shipley e J. Salmon. Leicester-Nottingham Studies in Ancient Society. London: Routledge. Cap. 9, pp. 213–253.
- (1996b). «Olive Presses in Roman Africa: Technical Evolution or Stagnation?» In: *L'Africa romana: atti dell'XI Convegno di studio, Cartagine, 15-18 dicembre 1994*. A cura di M. Khanoussi, P. Ruggeri e C. Vismara. Vol. 2. Ozieri: Il Torchietto, pp. 577–595.

- (2004). «Surveying the desert: from the Libyan valleys to Saharan oases». In: *Archaeological Field Survey in Cyprus: Past History, Future Potentials*. A cura di M. Iacovou. British School at Athens studies 2004. London: British School at Athens, pp. 163–176.
- (2005). *Tripolitania*. London: Taylor & Francis e-Library.
- (2009). «Peopling Ancient Landscapes: Potential and Problems». In: *Quantifying the Roman Economy: Methods and Problems*. A cura di A. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 6, pp. 163–176.
- (2011). *Imperialism, Power, and Identity: Experiencing the Roman Empire*. Princeton: Princeton University Press.
- Mattingly, D. J. e J. N. Dore (1996). «Romano-Libyan Settlement: Typology and Chronology». In: *Farming the Desert: The UNESCO Libyan Valleys Archaeological Survey*. A cura di G. Barker. London: UNESCO Publishing. Cap. 5, pp. 111–158.
- Mattingly, D. J. e C. Flower (1996). «Romano-Libyan Settlement: Site Distributions and Trends». In: *Farming the Desert: The UNESCO Libyan Valleys Archaeological Survey*. A cura di G. Barker. London: UNESCO Publishing. Cap. 6, pp. 159–190.
- Mattingly, D. J. e R. B. Hitchner (1993). «Technical specification for some North African olive presses of roman data». In: *La production du vin et de l'huile en Méditerranée*. A cura di M.-C. Amouretti e J.-P. Brun. Bulletin de correspondance hellénique. Atene-Parigi: Ecole française d'Athènes, pp. 439–462.
- (1995). «Roman Africa: An Archaeological Review». In: *The Journal of Roman Studies* 85, pp. 165–213.
- (2004). «Mapping the Roman World: the Contribution of Field Survey Data». In: *Side-by-side survey: comparative regional studies in the Mediterranean World*. A cura di S. E. Alcock e J. F. Cherry. Oxford: Oxbow Books, pp. 173–188.
- Mattingly, D. J. e J. Salmon (2002). «The productive past: economies beyond agriculture». In: *Economies Beyond Agriculture in the Classical World*. A cura di D. J. Mattingly e J. Salmon. Leicester-Nottingham Studies in Ancient Society. London: Routledge, pp. 3–14.
- Mattingly, D. J., M. Sterry e V. Leitch (2013). «Fortified farms and defended villages of Late Roman and Late Antique Africa». In: *Antiquité Tardive* 21, pp. 167–188.
- Mattingly, D. J., D. L. Stone, L. M. Stirling, J. P. Moore, A. Wilson, J. N. Dore e N. Ben Lazreg (2011). «Economy». In: *Leptiminus (Lamta) Report No. 3. The field survey*. A cura di D. L. Stone, D. J. Mattingly e N. B. Lazreg. JRA Suppl. Ser. 87. Portsmouth, Rhode Island: Journal of Roman Archaeology, pp. 205–272.
- Mattingly, D. J. e M. Zenati (1984). «The excavation of building Lm 4E: The olive press». In: *Libyan Studies* 15, pp. 13–18.
- Maurina, B. (2005). *Lo scavo archeologico nell'insediamento bizantino di Ain Wassel (Alto Tell Tunisino) e i reperti anforacei dal sito e dal territorio di Dougga*. Tesi di dottorato. Università degli Studi di Siena, pp. 1–429.
- Mazzei, M., A. Salvatori, A. D. Somma e V. Ferrari (2009). «Web Map Service nei processi di ricerca archeologica». In: *ARCHEOFOSS Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IV Workshop (Roma, 27-28 aprile 2009)*. A

- cura di P. Cignoni, S. Palombini e S. Pescarin. *Archeologia e Calcolatori*, supplemento 2, pp. 145–152.
- Mazzoleni, M. e Z. Baldo (2008). «Libertà di accesso e ricerca e riserva di pubblicazione nelle scoperte archeologiche». In: *Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica, III Workshop (Padova, 8-9 maggio 2008)*. A cura di L. Bezzi, D. Francisci, P. Grossi e D. Lotto. Padova, in corso di stampa.
- Medri, M. (2008). *Manuale di rilievo archeologico*. Roma: Laterza.
- Milella, M. e P. Vigliarolo (2009). «Proposte per un'archeologia open in rete». In: *ARCHEOFOSS Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IV Workshop (Roma, 27-28 aprile 2009)*. A cura di P. Cignoni, S. Palombini e S. Pescarin. *Archeologia e Calcolatori*, supplemento 2, pp. 37–48.
- Millet, M. (1991). «Roman Towns and their territories: an archaeological perspective». In: *City and country in the ancient world*. A cura di J. Rich e A. Wallace-Hadrill. London/New York: Routledge, pp. 169–189.
- Millet, P. (2002). «Productive to some purpose? The problem of ancient economic growth». In: *Economies Beyond Agriculture in the Classical World*. A cura di D. J. Mattingly e J. Salmon. Leicester-Nottingham Studies in Ancient Society. London: Routledge, pp. 17–48.
- Moldenhauer, K. M., C. Zielhofer e D. Faust (2008). «Heavy metals as indicators for Holocene sediment provenance in a semi-arid Mediterranean catchment in northern Tunisia». In: *Quaternary International* 189, pp. 129–134.
- Monchicourt, C. (1913). *La région du Haut-Tell, en Tunisie (le Kef, Tébourouk, Mactar, Thala)*. Paris: A. Colin.
- Monteagudo, G. L. (1998). «Producción y comercio del aceite en los mosaicos romano». In: *L'Africa romana: atti del XII Convegno di studio, Olbia, 12-15 dicembre 1996*. A cura di M. Khanoussi, P. Ruggeri e C. Vismara. Sassari: Democratica Sarda, pp. 359–376.
- Monti, A. (2006). «Il sito archeologico come strumento interpretativo delle scelte insediamentali: percezione, valutazione, cooptazione dei luoghi in chiave funzionale». In: *Atti del IV Congresso Nazionale di Archeologia Medievale, Scriptorium dell'Abbazia, Abbazia di San Galgano (Chiusdino - Siena, 26-30 settembre 2006)*. A cura di R. Francovich e M. Valenti. Firenze: All'Insegna del Giglio, pp. 8–12.
- Mørch, H. F. (1994). «Agricultural landscape: a geographer's considerations on the past». In: *Landuse in the Roman Empire*. A cura di J. Carlsen, P. Ørsted e J. E. Skydsgaard. *Analecta Romana Instituti Danici*. Rome: L'Erma di Bretschneider, pp. 107–114.
- Morizot, P. (1993). «L'Aurès et l'olivier». In: *Antiquités africaines* 29, pp. 177–240.
- (1996). «L'emploi d'éléments "prefabriqués" comme technique africaine de construction». In: *L'Africa romana: atti dell'XI Convegno di studio, Cartagine, 15-18 dicembre 1994*. A cura di M. Khanoussi, P. Ruggeri e C. Vismara. Vol. 2. Ozieri: Il Torchietto, pp. 915–922.
- Mrabet, A. (1995). «L'état économique de l'Afrique Byzantine d'après les récits des chroniques arabes». In: *Africa* 13, pp. 123–133.
- (1997). «Huileries et témoins d'activité oléicole dans la région du Golfe de Gabès: données de la prospection des feuilles Gabès, Kettana et Mareth». In: *Africa* 15, pp. 63–76.

- Münch, U. (2010). «Are Current Predictive Maps Adequate for Cultural Heritage Management? The Integration of Different Models for Archaeological Risk Assessment in the State of Brandenburg (Germany).» In: *Beyond the Artifact. Digital Interpretation of the Past. Proceedings of CAA2004, Prato 13–17 April 2004*. A cura di F. Nicolucci e S. Hermon. Budapest: Archeaeolingua, pp. 302–306.
- Munzi, M. (2010). «Il territorio di Leptis Magna. Insediamenti rurali, strutture produttive e rapporti con la città». In: *Leptis magna. Una città e le sue iscrizioni in epoca tardoromana*. A cura di I. Tantillo e F. Bigi. Edizioni dell'Università degli Studi di Cassino. Cap. 2, pp. 45–80.
- Munzi, M., F. Felici, G. Cifani, E. Cirelli, E. Gaudiosi, G. Lucarini e J. Matug (2004). «A topographic research sample in the territory of Lepcis Magna: Silin». In: *Lybian Studies* 35, pp. 11–66.
- Munzi, M., F. Felici, E. Cirelli, G. Schingo e A. Zocchi (2010). «Il territorio di Leptis Magna: ricognizioni tra Ras el-Mergheb e Ras el-Hammam (2007)». In: *L'Africa romana: atti del XVIII Convegno di studio, Olbia, 11-14 dicembre 2008*. A cura di M. Milanese, P. Ruggeri e C. Vismara. Vol. 1. Roma: Carocci, pp. 725–748.
- Musso, L. (2010). «Missione archeologica dell'università Roma Tre, 1998-2007». In: *Libya Antiqua* 5, pp. 49–78.
- Naddari, L. (2007). «Témoins lithiques d'activité oléicole d'époque romaine dans la haute et moyenne vallée de l'Oued Sarrat». In: *In Africa et in Hispania. Etudes sur l'huile africaine*. A cura di A. Mrabet e J. Remesal Rodríguez. Instrumenta 25. Barcelona: Universitat de Barcelona, pp. 67–83.
- (2011). «Les pressoirs rupestres de Jebel Mzita (Secteur méridional du Haut Tell tunisien)». In: *L'olivier en Méditerranée. Entre Histoire et Patrimoine*. Vol. 1. Sousse: Université de la Manouba, pp. 29–39.
- Neteler, M. e H. Mitasova (2008). *Open source GIS: a grass gis approach, third edition*. 3^a ed. New York: Springer.
- Niknami, K. A., A. C. Amirkhiz e F. F. Jalali (2009). «Spatial pattern of archaeological site distributions on the eastern shores of Lake Urmia, northwestern Iran». In: *Archeologia e Calcolatori* 20, pp. 261–276.
- Noti, V. (2012). «Il webGIS del progetto MAPPA: architettura del sistema e scenari futuri». In: *Mappa. Metodologie Applicate alla Predittività del Potenziale Archeologico*. A cura di F. Anichini, F. Fabiani, G. Gattiglia e M. Gualandi. Vol. 1. Roma: Edizioni Nuova Cultura, pp. 87–95.
- Oates, A. (1953). «The Tripolitanian Gebel: settlement of the Roman period around Gasr Ed-Dauun». In: *PBSR* 21, pp. 81–117.
- Obluski, A. (2014). «Rank-Size Rule in Nubian Settlement Systems». In: *The Fourth Cataract and beyond: proceedings of the 12th International Conference for Nubian Studies*. A cura di J. R. Anderson e D. A. Welsby. British Museum Publications on Egypt and Sudan. Leuven: Peeters Publishers, pp. 867–874.
- Olcese, G. (2010). *Le anfore greco-italiche di Ischia: archeologia ed archeometria: artigianato ed economia nel Golfo di Napoli*. Roma: Edizioni Quasar.

- Ørsted, P. (2000a). «Conclusions: From the Ideal to the Real». In: *Africa proconsularis: regional studies in the Segermes Valley of Northern Tunisia 3. Historical conclusions*. A cura di P. Ørsted, J. Carlsen, L. Ladjimi Sebäi e H. Ben Hassen. Århus: Aarhus University Press, pp. 173–187.
- (2000b). «Production and Population». In: *Africa proconsularis: regional studies in the Segermes Valley of Northern Tunisia 3. Historical conclusions*. A cura di P. Ørsted, J. Carlsen, L. Ladjimi Sebäi e H. Ben Hassen. Århus: Aarhus University Press, pp. 135–170.
- Ørsted, P., J. Carlsen, L. Ladjimi Sebäi e H. Ben Hassen, a cura di (2000). *Africa proconsularis: regional studies in the Segermes Valley of Northern Tunisia 3. Historical conclusions*. Århus: Aarhus University Press.
- Palmieri, L. (2008). «I Vandali e l'olio: produzione e commerci nell'Africa del V secolo d.C.» In: *L'Africa romana: atti del XVII Convegno di studio, Sevilla, 14 - 17 dicembre 2006*. A cura di J. González, P. Ruggeri, C. Vismara e R. Zucca. Vol. 2. Roma: Carocci, pp. 1081–1090.
- Parenti, R. (1990). «La ricomposizione dell'immagine. Ricostruzioni grafiche, ripristino e archeologia sperimentale: alcune riflessioni sulle tecniche e possibili utilizzazioni». In: *Lo scavo archeologico: dalla diagnosi all'edizione*. A cura di R. Francovich e D. Manacorda. Firenze: All'insegna del Giglio, pp. 525–545.
- Pearson, C. E. (1980). «Rank-Size Distributions and the Analysis of Prehistoric Settlement Systems». In: *Journal of Anthropological Research* 36.4, pp. 453–462.
- Pecci, A. (2007). «Potenzialità delle analisi chimiche applicate all'archeologia dei consumi alimentari: il bilancio delle conoscenze». In: *Archeologia della vite e del vino in Etruria: atti del convegno internazionale di studi, Scansano, Teatro Castagnoli, 9-10 settembre 2005*. A cura di A. Ciacci, P. Rendini e A. Zifferero. Siena: Ci.Vin, pp. 123–131.
- Peeters, H. (2010). «Modelling Mesolithic-Neolithic Land-Use Dynamics and Archaeological Heritage Management: An Example from the Flevoland Polders (The Netherlands)». In: *Beyond the Artifact. Digital Interpretation of the Past. Proceedings of CAA2004, Prato 13–17 April 2004*. A cura di F. Nicolucci e S. Hermon. Budapest: Archaeolingua, pp. 291–295.
- Pélissier, R. e F. Goreaud (2001). «A Practical Approach to the Study of Spatial Structure in Simple Cases of Heterogeneous Vegetation». In: *Journal of Vegetation Science* 12.1, pp. 99–108.
- Perthuisot, V. (1979). *Carte Géologique de la Tunisie, feuille 33, Teboursouk*. Tunis: Direction des Mines et de la Géologie, Sous-Direction de la Géologie.
- Pescarin, S. (2006). «Open Source in Archeologia. Nuove prospettive per la ricerca». In: *Archeologia e Calcolatori* 17, pp. 137–155.
- (2009). «Open Source in archeologia: ArcheoFOSS». In: *ARCHEOFOSS Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IV Workshop (Roma, 27-28 aprile 2009)*. A cura di P. Cignoni, S. Palombini e S. Pescarin. *Archeologia e Calcolatori*, supplemento 2, pp. 11–14.
- Peterson, C. E. e R. D. Drennan (2004). «Comparing Archaeological Settlement Systems with Rank-Size Graphs: A Measure of Shape and Statistical Confidence». In: *Journal of Archaeological Science* 31, pp. 533–549.

- Pinder, D., I. Shimada e D. Gregory (1979). «The Nearest-Neighbor Statistic: Archaeological Application and New Developments». In: *American Antiquity* 44.3, pp. 430–445.
- Poinsot, L. (1907). «Note sur la Fossa regia». In: *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres* 51.8, pp. 466–481.
- (1920). «La Civitas Mizigitanorum et le pagus Assalitanus». In: *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres* 64.3, pp. 285–288.
- (1921). «Un domaine impérial voisin de Thibursicu Bure». In: *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres* 65.4, pp. 324–327.
- Polla, S. (2005). *Dai cocci al paesaggio: ceramica e territorio nella regione di Dougga (Alto Tell tunisino)*. Tesi di dottorato. Università degli Studi di Siena.
- (2009). «Modelli raster di uso del suolo nella lunga durata in ambiente montano con GRASS». In: *Archeologia e Calcolatori* XX, pp. 265–270.
- Pons Pujol, L., E. Garrote Sayó e X. Soria Rincón (2008). «La captación del aceite annionario en Bética y Africa, un análisis comparativo». In: *L'Africa romana: atti del XVII Convegno di studio, Sevilla, 14 - 17 dicembre 2006*. A cura di J. González, P. Ruggeri, C. Vismara e R. Zucca. Vol. 2. Roma: Carocci, pp. 1221–1246.
- Pouget, F. (2014). «Le webmapping: outil de travail des archéologues. Exemple du projet Marais de Brouage». In: *Actes des 3èmes Journées d'Informatique et Archéologie de Paris, JIAP 2012*. A cura di L. Costa, F. Djindjian e F. Giligny. *Archeologia e Calcolatori*, supplemento 5. All'Insegna del Giglio, pp. 211–227.
- Quilici, L. (1988). «Opifici rupestri dell'Italia centrale in età antica e medioevale». In: *Matera*, pp. 41–65.
- (1993). «Segni del paesaggio agrario dell'Etruria rupestre. Impianti per la viticoltura». In: *Tyrrhenoi philotechnoi*. Roma: Gruppo editoriale internazionale, pp. 183–193.
- Reynolds, P. (2010). *Hispania and the Roman Mediterranean, AD 100-700: ceramics and trade*. London: Duckworth.
- Ridges, M. (2006). «Regional Dynamics of Hunting and Gathering: An Australian Case Study Using Archaeological Predictive Modeling». In: *GIS and archaeological site location modeling*. A cura di M. W. Mehrer e K. L. Wescott. London: Taylor & Francis e-Library, pp. 115–134.
- Ripley, B. (1977). «Modelling spatial patterns». In: *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Statistical Methodology)* 39.2, pp. 172–212.
- (1988). *Statistical inference for spatial processes*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rockwell, P. (1989). *Lavorare la pietra: manuale per l'archeologo, lo storico dell'arte e il restauratore*. Roma: NIS.
- Rose, M. R. e J. H. Altshul (1988). «An overview of statistical method and theory for quantitative model building». In: *Quantifying the present and predicting the past: theory, method, and application of archaeological predictive modeling*. A cura di W. J. Judge e L. Sebastian. Denver, CO: U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Land Management, pp. 173–255.

- Roskams, S. (1996). «The Urban Transition in the Maghreb». In: *Early Medieval Towns in West Mediterranean*. A cura di G. P. Brogiolo. Mantova: SAP Società Archeologica S.r.l., pp. 43–54.
- Rostovtzeff, M. (1926). *Social and Economic History of the Roman Empire*. Oxford: Clarendon Press.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saladin, H. (1893). *Description des antiquités de la régence de Tunis: monuments antérieurs à la conquête arabe. Rapport sur la mission accomplie en 1885*. Vol. 2. Paris: Leroux.
- Saller, R. (2002). «Framing the Debate, over Growth in the Ancient Economy». In: *The ancient economy*. A cura di W. Scheidel e S. Von Reden. Edinburgh: Edinburgh University Press, pp. 251–269.
- Sanders, L. (1997). «Durability of settlement system: a long term perspective». In: *Cybergeo* 31.
- Satta, M. C. (1994). «S'Abba Druche: un insediamento produttivo a Bosa. Relazione preliminare». In: *L'Africa romana: atti del X Convegno di studio, Oristano, 11-13 dicembre 1992*. A cura di A. Mastino e P. Ruggeri. Sassari: Archivio fotografico Sardo, pp. 949–959.
- Scianna, A. e B. Villa (2011). «GIS applications in archaeology». In: *Archeologia e Calcolatori* 22, pp. 337–363.
- Sculli, O. (2002). *I Palmenti di Ferruzzano - Archeologia del vino e testimonianze di cultura materiale in un territorio della Calabria Meridionale*. Firenze: Edizioni Palazzo Spinelli.
- Séhili, S. (2008a). «Henchir El Begar, Centre du Saltus Beguensis, Étude archéologique et historique». In: *Actes du 5ème Colloque International sur l'Histoire des Steppes Tunisiennes*. A cura di F. Béjaoui. Tunisi: Institut National du Patrimoine: pp. 85–106.
- (2008b). «L'huile de la Byzacène». In: *L'Africa romana: atti del XVII Convegno di studio, Sevilla, 14 - 17 dicembre 2006*. A cura di J. González, P. Ruggeri, C. Vismara e R. Zucca. Vol. 2. Roma: Carocci, pp. 777–792.
- (2009). *Huileries Antiques de Jebel Semmama: Région de Kasserine: Secteur Couvert par la Feuille Topographique au 1/50000e de J. Semmama no. 076*. Tunisi: Centre de Publication Universitaire.
- Semeraro, G. (2011). «Banche dati, GIS e Web GIS: breve storia delle tecnologie applicate ai beni archeologici nel Laboratorio di Informatica per l'Archeologia dell'Università del Salento». In: *SCIRES-IT* 1.1, pp. 125–144.
- Serlorenzi, M., A. De Tommasi, R. Grassucci e A. Vismara (2013). «Il webGIS del SITAR: riflessioni, approcci e percorsi metodologici per la pubblicazione e la multi-rappresentazione dei dati territoriali archeologici». In: *ARCHEOFOSS Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del VII Workshop (Roma, 11-13 giugno 2012)*. A cura di M. Serlorenzi. Archeologia e Calcolatori, supplemento 4, pp. 112–119.
- Serlorenzi, M., I. Jovine, V. Boi e M. Stacca (2013). «Archeologia e open data. Stato dell'arte e proposte sulla pubblicazione dei dati archeologici». In: *ARCHEOFOSS Free, Libre and Open Source Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del VII*

- Workshop (Roma, 11-13 giugno 2012)*. A cura di M. Serlorenzi. *Archeologia e Calcolatori*, supplemento 4, pp. 60–78.
- Shaw, B. D. (1985). «Climate, environment, and history: the case of Roman North Africa». In: *Climate and History: Studies in Past Climates and Their Impact on Man*. A cura di T. M. L. Wigley, M. J. Ingram e G. Farmer. Cambridge; New York: Cambridge University Press. Cap. 16, pp. 379–402.
- Shennan, S. (1997). *Quantifying archaeology*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Sirago, V. (1987). «Contadini liberi nelle province romane». In: *L’Africa romana: atti del IV Convegno di studio, Sassari, 12-14 dicembre 1986*. A cura di A. Mastino. Vol. 1. Sassari: Dipartimento di Storia, Università degli Studi di Sassari, pp. 253–265.
- Stancic, Z. e T. Veljanovski (2000). «Understanding Roman settlement patterns through multivariate statistics and predictive modelling». In: *Beyond the map: archaeology and spatial technologies*. A cura di G. Lock. Amsterdam; Washington, DC; Tokyo: IOS Press, pp. 147–156.
- Stevenson, A., S. Phethean e J. Robinson (1993). «The palaeosalinity and vegetational history of Garaet el Ichkeul, northwest Tunisia». In: *The Holocene* 3, pp. 201–210.
- Stone, D. L., D. J. Mattingly e N. B. Lazreg, a cura di (2011). *Leptiminus (Lamta) Report No. 3. The field survey*. JRA Suppl. Ser. 87. Portsmouth, Rhode Island: Journal of Roman Archaeology.
- Stone, D. L. (2004). «Problems and possibilities in comparative survey: a North African perspective». In: *Side-by-side survey: comparative regional studies in the Mediterranean World*. A cura di S. E. Alcock e J. F. Cherry. Oxford: Oxbow Books, pp. 132–143.
- Terrenato, N. (2004). «Sample Size Matters! The Paradox of Global Trends and Local Surveys». In: *Side-by-side survey: comparative regional studies in the Mediterranean World*. A cura di S. E. Alcock e J. F. Cherry. Oxford: Oxbow Books, pp. 36–48.
- Thomas, D. H. (1978). «The Awful Truth about Statistics in Archaeology». In: *American Antiquity* 43.2, pp. 231–244.
- Thurston, T. L. (2002). *Landscapes of Power, Landscapes of Conflict. State Formation in the South Scandinavian Iron Age*. Kluwer Academic Publishers.
- Trabucco, M. (2009). «Pubblico ma non pubblico: prospettive normative sulla proprietà intellettuale dei dati archeologici». In: *ARCHEOFOSS Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica. Atti del IV Workshop (Roma, 27-28 aprile 2009)*. A cura di P. Cignoni, S. Palombini e S. Pescarin. *Archeologia e Calcolatori*, supplemento 2, pp. 65–70.
- Van Hove, D. (2004). «Un modèle GIS pour l’analyse socio-économique des paysages néolithiques. Application à la Calabre Méridionale». In: *Les petits cahiers d’Anatole* 16.
- Van Leusen, P. M. (2002). «Pattern to process: methodological investigations into the formation and interpretation of spatial patterns in archaeological landscapes». Tesi di dott.
- VanPool, T. L. e R. D. Leonard (2010). *Quantitative analysis in archaeology*. Chichester, West Sussex, U.K.; Malden, MA: Wiley-Blackwell.

- Vatin, G. e N. Bianchi (2014). «SIG des Merveilles: analysing rock art distribution with a web cartographic platform». In: *Actes des 3èmes Journées d'Informatique et Archéologie de Paris, JIAP 2012*. A cura di L. Costa, F. Djindjian e F. Giligny. Archeologia e Calcolatori, supplemento 5. All'Insegna del Giglio, pp. 190–200.
- Vaughn, S. e T. Crawford (2009). «A predictive model of archaeological potential: An example from northwestern Belize». In: *Applied Geography* 29.4, pp. 542–555.
- Vera, D. (1987). «Enfiteusi, colonato e trasformazioni agrarie nell' Africa Proconsolare del tardo impero». In: *L'Africa romana: atti del IV Convegno di studio, Sassari, 12-14 dicembre 1986*. A cura di A. Mastino. Vol. 1. Sassari: Dipartimento di Storia, Università degli Studi di Sassari, pp. 267–293.
- Verhagen, P. (2007). *Case studies in archaeological predictive modelling*. Leiden: Leiden University Press.
- (2008). «Testing Archaeological Predictive Models: A Rough Guide». In: *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA), Berlin, Germany, April 2–6, 2007*. A cura di A. Posluschny, K. Lambers e I. Herzog. Bonn: Dr. Rudolf Habelt GmbH, pp. 285–291.
- (2012). «Biting off more than we can chew? The current and future role of digital techniques in landscape archaeology». In: *Landscape Archaeology between Art and Science*. A cura di S. Kluiwing e E. Guttmann-Bond. Amsterdam: Amsterdam University Press, pp. 309–320.
- Verhagen, P., S. Gili, R. Micó e R. Risch (1999). «Modelling Prehistoric Land Use Distribution in the Río Aguas Valley (SE Spain)». In: *Archaeology in the Age of the Internet. CAA97. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 25th Anniversary Conference, University of Birmingham, April 1997 (CD-ROM)*. A cura di L. S. Dingwall, V. Exon, V. Gaffney, S. Laffin e P. M. van Leusen. BAR International Series. Oxford: Archaeopress, pp. 82.10–82.20.
- Verhagen, P., H. Kamermans, M. V. Leusen, J. Deeben, D. Hallewas e P. Zoetbrood (2010). «First Thoughts on the Incorporation of Cultural Variables into Predictive Modelling». In: *Beyond the Artifact. Digital Interpretation of the Past. Proceedings of CAA2004, Prato 13–17 April 2004*. A cura di F. Nicolucci e S. Hermon. Budapest: Archaeolingua, pp. 307–311.
- Vismara, C. (2007a). «Appendice C: i reimpieghi». In: *Uchi Maius 3, i frantoi miscellanea*. A cura di C. Vismara. Sassari: Democratica Sarda, pp. 505–513.
- (2007b). «Considerazioni conclusive e prospettive della ricerca». In: *Uchi Maius 3, i frantoi miscellanea*. Sassari: Democratica Sarda, pp. 483–492.
- (2007c). «L'olio di Uchi Maius». In: *Uchi Maius 3, i frantoi miscellanea*. A cura di C. Vismara. Sassari: Democratica Sarda. Cap. 12, pp. 429–482.
- a cura di (2007d). *Uchi Maius 3, i frantoi miscellanea*. Sassari: Democratica Sarda.
- Von Rummel, P. (2011). «Settlement and Taxes: the Vandals in North Africa». In: *Between taxation and rent: fiscal problems from late antiquity to early Middle Ages*. A cura di P. de la Cruz Díaz Martínez e I. Martín Viso. Bari: Edipuglia, pp. 23–37.
- Warmington, B. H. (1968). *Storia di Cartagine*. Torino: Einaudi.

- Warren, R. E. (1990a). «Predictive modeling in archaeology: a primer». In: *Interpreting Space: GIS and Archaeology*. A cura di K. M. S. Allen, S. V. Green e E. B. W. Zubrow. London: Taylor & Francis, pp. 90–111.
- (1990b). «Predictive modelling of archaeological site location: a case study in the midwest». In: *Interpreting space: GIS and Archaeology*. A cura di K. M. S. Allen, S. W. Green e E. B. W. Zubrow. London: Taylor & Francis, pp. 201–215.
- Warren, R. E. e D. L. Asch (2005). «A Predictive Model of Archaeological Site Location in the Eastern Prairie Peninsula». In: *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit*. A cura di R. J. Brandon e K. L. Wescott. Taylor & Francis e-Library, pp. 6–36.
- Wescott, K. L. e J. A. Kuiper (2005). «Using a GIS to Model Prehistoric Site Distributions in the Upper Chesapeake Bay». In: *Practical Applications of GIS for Archaeologists: A Predictive Modelling Toolkit*. A cura di K. L. Wescott e R. J. Brandon. London: Taylor & Francis e-Library. Cap. 4, pp. 66–77.
- Wessel, H. (2003). *Das Recht der Tablettes Albertini*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Wheatley, D. (1993). «Going over Old Ground: GIS, Archaeological Theory and the Act of Perception». In: *Computing the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. A cura di J. Andresen, T. Madsen e I. Scollar. CAA92. Aarhus: Aarhus University Press, pp. 133–138.
- Wheatley, D. e M. Gillings (2002). *Spatial technology and archaeology: the archaeological applications of GIS*. Taylor & Francis.
- White, K. D. (1970). *Roman farming*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.
- (1975). *Farm equipment of the Roman world*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Whitley, T. G. (2010). «Re-Thinking Accuracy and Precision in Predictive Modeling». In: *Beyond the Artifact. Digital Interpretation of the Past. Proceedings of CAA2004, Prato 13–17 April 2004*. A cura di F. Nicolucci e S. Hermon. Budapest: Archeolingua, pp. 312–316.
- Whitley, T. G. e G. Burns (2007). «An Explanatory Framework for Predictive Modeling Using an Example from Marion, Horry, Dillon, and Marlboro Counties, South Carolina». In: *Digital Discovery. Exploring New Frontiers in Human Heritage. CAA2006. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 34th Conference, Fargo, United States, April 2006*. A cura di J. Clark e E. Hagemester. Budapest: Archeolingua, pp. 108–116.
- Wilcox, B. (2012). «Archaeological Predictive Modelling Used For Cultural Heritage Management». In: *Revive the Past. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA). Proceedings of the 39th International Conference, Beijing, April 12–16*. A cura di M. Zhou, I. Romanowska, Z. Wu, P. Xu e P. Verhagen. Amsterdam: Pallas Publications, pp. 353–358.
- Witcher, R. E. (2011). «Missing persons? Models of Mediterranean Regional Survey and Ancient Populations». In: *Settlement, urbanization, and population*. A cura di A. K. Bowman e A. Wilson. Oxford Studies on the Roman Economy. Oxford: Oxford University Press. Cap. 3, pp. 36–75.

- Witcher, R. E. e S. J. Keay (2010). «An Application of Predictive Modelling in the Tiber Valley». In: *Beyond the Artifact. Digital Interpretation of the Past. Proceedings of CAA2004, Prato 13–17 April 2004*. A cura di F. Nicolucci e S. Hermon. Budapest: Archaeolingua, pp. 278–283.
- Wood, J. (1996). *The Geomorphological characterisation of Digital Elevation Models*. Tesi di dottorato. University of Leicester.
- Yahaya, S., N. Ahmad e R. F. Abdalla (2010). «Multicriteria Analysis for Flood Vulnerable Areas in Hadejia-Jama'are River Basin, Nigeria». In: *European Journal of Scientific Research* 42, pp. 71–83.
- Zanoni, M. (2007). *I palmenti, tracce di cultura materiale in Calabria*. Edizioni Arte26.
- Zerbini, A. (2013). «The Late Antique Economy: Regional Surveys». In: *Late Antique Archaeology* 10.1, pp. 41–60.
- Zielhofer, C., D. Faust, F. Diaz Del Olmo e R. Baena Escudero (2002). «Sedimentation and soil formation phases in the Ghardimaou Basin (northern Tunisia) during the Holocene». In: *Quaternary International* 93-94, pp. 109–125.
- Zipf, G. K. (1949). *Human Behaviour and the Principle of Least Effort*. Cambridge: Addison-Wesley Press.