

INDICE	
PREMESSA	2
PARTE 1	3
1.1 ASPETTI FISICI	5
1.1.1 Posizione geografica e superficie	5
1.1.2 Orografia	6
1.1.3 Geologia	7
1.1.4 Idrogeologia	7
1.1.5 Aspetti naturalistici	11
1.1.6 Inquadramento climatico e indice di siccità	14
1.2 ASPETTI DEMOGRAFICI	24
1.3 ASPETTI ECONOMICI E PROBLEMATICHE DI SVILUPPO DELL'AREA	26
PARTE 2	32
2.1 ANALISI SITUAZIONE ATTUALE ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE VULNERABILI	32
2.1.1 L'Uso del Suolo	32
2.1.2 Il Suolo e i processi di desertificazione in atto	40
2.1.3 Il Rilevamento pedologico	42
2.1.4 La carta dei Suoli	50
2.1.4.1 Commento alla legenda della carta dei Suoli	55
2.1.5 Le aree vulnerabili e a rischio di salinizzazione	66
2.1.6 Situazione quali-quantitativa delle acque sotterranee	71
2.1.7 Bilancio idrologico	79
PARTE 3	82
3.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI SPECIFICHE	82
3.1.1 Rete di monitoraggio	82
3.1.2 Razionale utilizzo della risorsa idrica e del territorio	83
3.1.3 Razionale utilizzo della risorsa idrica e del territorio	85
3.2 FONTI DI FINANZIAMENTO DISPONIBILI	86
BIBLIOGRAFIA	89

PREMESSA

Con contratto firmato nel mese di maggio del 2006, è stata stipulata tra l'Università della Calabria – Dipartimento di Ecologia e il Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo una convenzione per *“l'esecuzione di ricerche applicative atte a consentire la definizione di Piani di Azione Locali (PAL)”*.

A norma dell'Art. 2 della convenzione, l'incarico ha avuto inizio dalla data di invio della convenzione al Dipartimento, avvenuta giorno 10/5/2006 notificata con prot. 0397106.

Con nota del 20/7/2006 prot. 0615/06, i termini delle attività sono stati prorogati; il rendiconto delle attività è stato quindi differito al 15 giugno 2007.

E' obiettivo della presente relazione esporre le attività svolte nel corso del periodo trascorso dalla notifica della convenzione.

PARTE 1

Per desertificazione non deve intendersi la semplice avanzata del deserto ma, piuttosto, un insieme di processi di degradazione del suolo che ne compromettono la capacità produttiva e alla cui base si pone quasi sempre l'azione avversa dell'uomo. Quando questa è tale da superare la soglia di resilienza del suolo, si innescano i processi di degradazione che, quando iniziano, sono difficilmente arrestabili e, sovente, continuano fino a superare i livelli di non ritorno.

In Sicilia i più diffusi aspetti di degradazione del suolo sono da imputare ai processi di erosione ma, notevole pericolosità rivestono anche i processi di salinizzazione, di alcalizzazione e di cementificazione.

Altri fenomeni di degradazione dei suoli si verificano lungo le aree costiere. Qui i problemi sono principalmente di due tipi e riguardano sia i processi di salinizzazione che la perdita di suolo per urbanizzazione.

Per fronteggiare i fenomeni sopra descritti il Consiglio Nazionale per la Lotta alla Siccità ed alla Desertificazione (CNLSD) sta coordinando la realizzazione dei Piani di Azione Locale (PAL) in sei regioni italiane (Basilicata, Calabria, Piemonte, Puglia, Sardegna e Sicilia).

Tali piani sono finalizzati alla definizione di progetti operativi relativi a comprensori omogenei e alle modalità della loro realizzazione.

Nell'ambito del Piano di Azione Locale per la Regione Sicilia sono state scelte come aree pilota due zone: la pianura tra Marsala e la foce del Fiume Modione, oggetto della presente relazione, e la foce del fiume Imera Meridionale.

Sino ad oggi, nell'area di studio non sono mai stati eseguiti studi organici e di dettaglio sulla desertificazione. Questo ha comportato la necessità di reperire, da varie fonti e in diversi formati, le informazioni utili che costituissero la base di partenza per il proseguimento delle attività.

A causa della complessità e dell'eterogeneità delle informazioni, per l'organizzazione dei dati raccolti nella fase di ricerca bibliografica, è stato

strutturato un Sistema Informativo Territoriale che permettesse di effettuare analisi spaziali sui dati raccolti, visualizzazione e restituzione di mappe oltre che un possibile e continuo aggiornamento dei dati (Fig. 1).

Vengono sotto elencati i principali stati informativi presenti nel sistema:

- Morfologia (DEM, carta pendenze, carta esposizione),
- Carta del Reticolo Idrografico e dei Bacini Idrografici,
- Laghi e Serbatoi (con relativi bacini allacciati),
- Carta dell'Uso del Suolo,
- Carta delle Piogge medie annuali e mensili,
- Carta delle Temperature medie annuali e mensili,
- Carta Pedologica,
- Carta degli Acquiferi sotterranei,
- Carta Geologica,
- Carte di concentrazione di alcuni parametri chimico-fisici,
- Carta regionale delle aree vulnerabili da Nitrati di origine agricola,
- Carta delle Aree Protette e dei Siti di Importanza Comunitaria,
- Atlante della desertificazione.

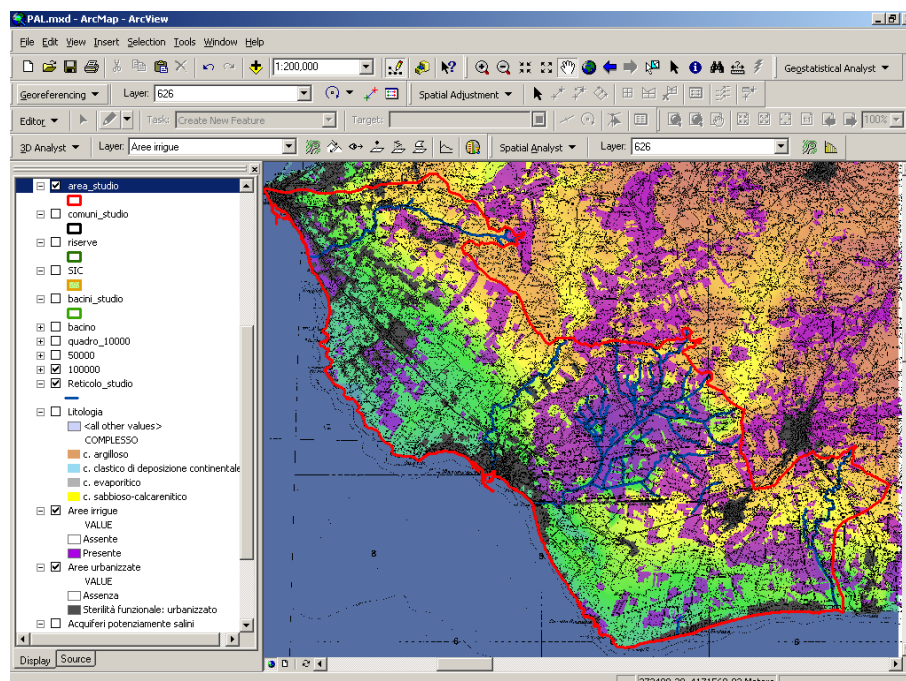


Fig 1 – Schermata del Sistema Informativo Territoriale.

1.1 ASPETTI FISICI

1.1.1 Posizione geografica e superficie

L'area di studio è ubicata nella Sicilia Occidentale, nel territorio della provincia di Trapani, che va da Capo Lilibeo alla foce del Fiume Modione e si estende nell'entroterra sino ad una quota di circa 130 metri s.l.m. (Fig. 2).

L'area ha un'estensione di 440 km², con una quota media di 50 metri e ricade nei territori comunali di: Marsala, Petrosino, Mazara del Vallo, Campobello di Mazara e Castelvetro.

L'area di studio è stata individuata prendendo in considerazione i seguenti criteri:

- presenza di tipologie di fenomeni di desertificazione (in atto o potenziali)
- disponibilità e accessibilità di dati primari e risultati di precedenti ricerche.



Fig. 2 – Localizzazione dell'area di studio.

1.1.2 Orografia

In generale la morfologia della piana tra Marsala ed il fiume Modione è caratterizzata da vaste aree sub-pianeggianti, bordate da rilievi collinari, con pendenze che raramente superano il 20% e quote che variano da pochi metri, lungo la fascia costiera, a circa 130 m s.l.m., nelle porzioni più interne.

Tali rilievi sono occasionalmente interrotti dalla presenza di cave. La fascia costiera della piana è caratterizzata da ampie spiagge, prevalentemente sabbiose, in cui si sviluppano dune costiere con andamento parallelo alla costa.

Si rinvencono, inoltre, alcune aree umide, oggi parzialmente o totalmente prosciugate, dette “gorghi” o “margi” che rappresentano ecosistemi particolarmente sensibili, oltre che di notevole valore ambientale.

Un altro aspetto morfologico degno di nota è dato, se si escludono le incisioni torrentizie della Fiumara di Marsala (Sossio), del Fiume Mazarò, del Fiume Arena e del Fiume Modione, dalla ridotta presenza di idrografia superficiale, legata all’alta permeabilità dei litotipi presenti nella piana (Fig. 3).

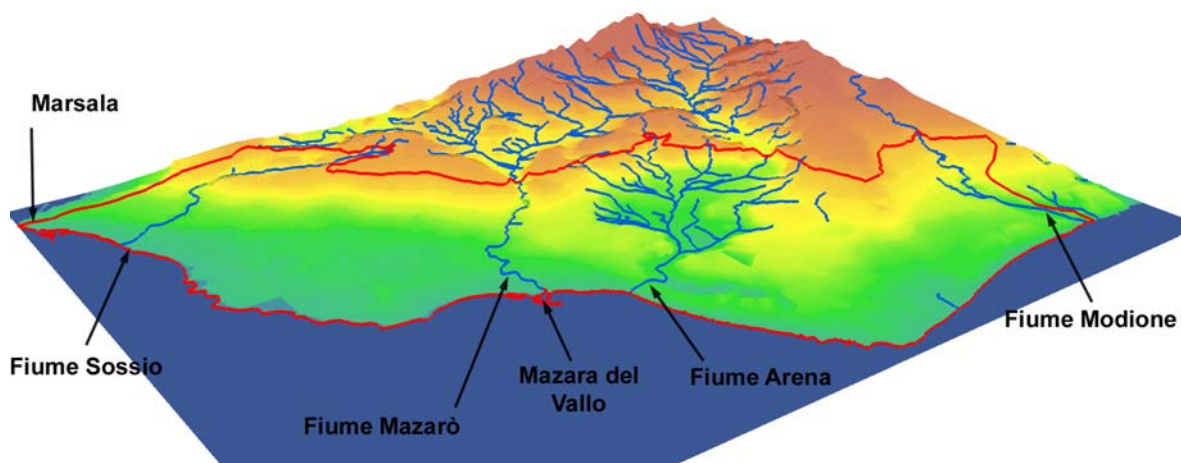


Fig. 3 – Morfologia dell’area di studio.

1.1.3 Geologia

L'area di studio è caratterizzata dalla Calcarenite di Marsala, costituita da depositi marini di età quaternaria costituiti da sabbie e ghiaie calcaree bioclastiche.

In profondità seguono, dopo i depositi pelagici calcilutitici marnosi del Pliocene inferiore (Trubi), i terreni della successione evaporitica messiniana (calcari evaporitici e gessi), poggianti in discordanza sui depositi conglomeratici e argille marnose della formazione Cozzo Terravecchia.

I terreni sopra descritti sono ritagliati da spianate terrazze marine quaternarie, talora con deposito (sabbie, ghiaie e calcareniti) disposte in vari ordini fino a quota di circa 170 m s.l.m.

Lungo la fascia costiera si rinvenivano depositi palustri, dunali e, in prossimità dei principali corsi d'acqua, alluvioni frequentemente terrazzate.

A seguito della tettonica messiniana e medio-pliocenica, i terreni depositati in precedenza sono stati piegati, generando nella piana di Castelvetro-Campobello di Mazara una struttura sinclinalica con asse NE-SW ed immergente a SW.

1.1.4 Idrogeologia

Piana di Marsala e Mazara del Vallo

Le indagini effettuate dal Dipartimento Chimica e Fisica della Terra ed Applicazione alle Georisorse ed ai Rischi Naturali, dell'Università degli studi di Palermo nella zona, hanno permesso di definire a grandi linee le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero e di individuare le direzioni preferenziali dell'intrusione marina nella zona (Fig. 4).

L'acquifero costiero in ragione di un regime di prelievi eccessivo, ha subito una modifica dei flussi idrici sotterranei tale da impattare direttamente sugli equilibri naturali, accelerando gravi fenomeni d'intrusione marina e causando la quasi scomparsa di ambienti umidi litoranei che sono la manifestazione dell'affioramento della superficie piezometrica.

In condizioni naturali le acque della falda superficiale tendevano a dirigersi verso il mare manifestandosi in superficie lungo la costa dove localmente formavano aree

umide.

L'acqua infiltrata veniva in buona misura evaporata nei margini e l'intrusione marina si limitava al contatto margio-mare. Per quanto riguarda la falda profonda, una parte del flusso sotterraneo era drenato dai corsi d'acqua, oggi ridotti a semplici incisioni, l'altra parte, invece, ricaricava l'acquifero superficiale contribuendo all'alimentazione dei margini ed a impedire l'avanzamento del cuneo di intrusione marina.

La presenza dei margini determinava un ambiente naturale di particolare equilibrio: l'acqua dolce che emergeva in queste aree contrastava l'ingressione marina e nello stesso tempo l'area di espansione dei margini veniva determinata dal bilancio tra evaporazione e apporto idrico sotterraneo.

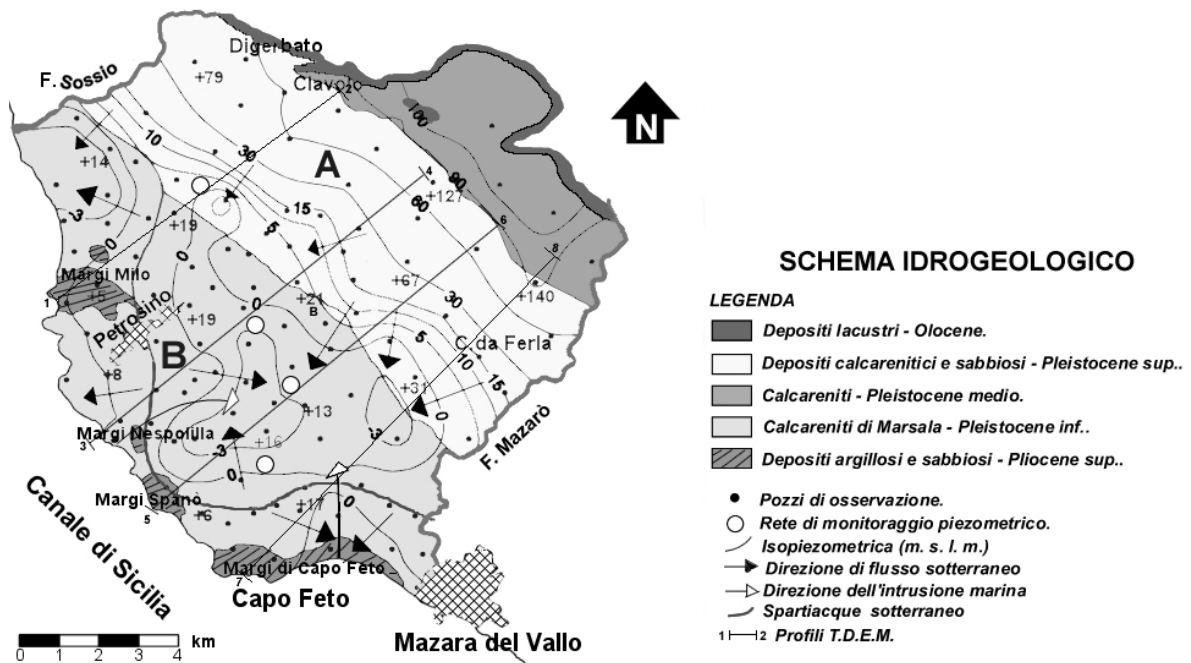


Fig. 4. – Schema idrogeologico dell'area costiera compresa tra Marsala e Mazara del Vallo.

La carta di conducibilità dell'acqua di falda (Fig. 5) ha fatto ipotizzare alcune direttrici principali di intrusione marina evidenziate dalle frecce.

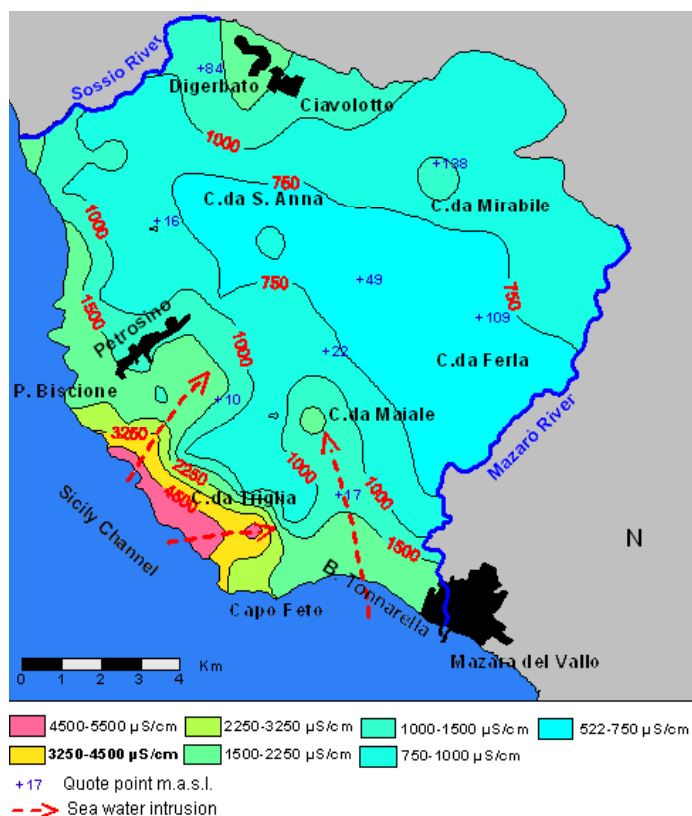


Fig. 5 – Mappa della conducibilità dell'acqua di falda nella zona costiera tra Marsala e Mazara del Vallo.

Piana di Castelvetro e Campobello di Mazara

Nella figura 6 è riportato l'andamento della superficie piezometrica relativa alla falda semiconfinata profonda del complesso calcarenitico marnoso, che si raccorda, nella posizione meridionale della Piana di Castelvetro-Campobello di Mazara, con quella relativa alla falda idrica di pelo libero. Il rilievo piezometrico è stato eseguito nel novembre del 1999 (Bonanno et al, 2000).

Lo scarico idrico generale presenta, nella posizione settentrionale della piana, una direzione principale NE-SW verso Contrada Staglio dove è localizzato un campo pozzi che alimentano l'acquedotto di Castelvetro.

Nella posizione meridionale della piana, il drenaggio avviene da nord verso sud, con due direzioni di flusso preferenziale dell'acquifero convergenti verso le zone di maggiore prelievo ubicate in Contrada Bresciana.

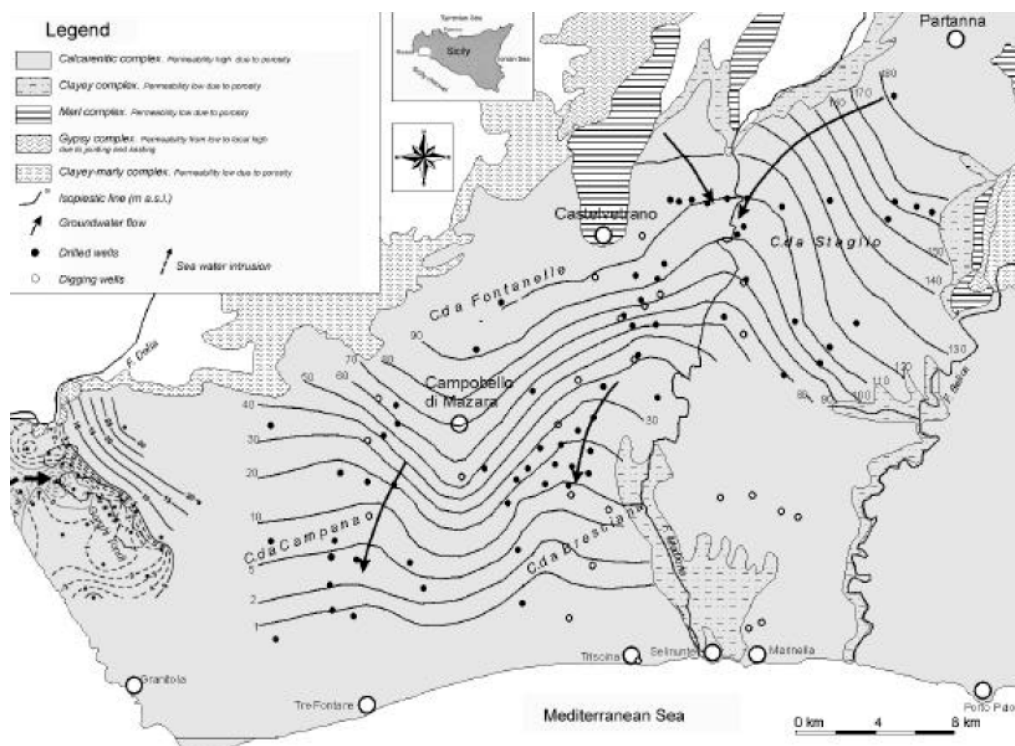


Fig. 6 – Carta della piezometrica relativa al mese di novembre 1999 della falda profonda dell'acquifero multifalda della piana di Castelvetro-Campobello di Mazara, modificato da Bonanno et al. 2000.

1.1.5 Aspetti naturalistici

Dal punto di vista naturalistico i due ambienti più importanti dell'area sono le sciare ed i margi; ambienti che contrastano con i paesaggi fortemente antropizzati delle vicine aree dominate da colline coltivate prevalentemente a vigneti.

Nell'area di studio ricadono quattro Siti di Interesse Comunitario (SIC) di grande valore naturalistico elencati nella tabella 1 (Fig. 7), che vengono descritti successivamente, riportando una sintesi delle informazioni contenute nelle schede Natura 2000 del Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio.

Codice	Siti di Importanza Comunitaria	Riserve Regionali
ITA010005	Laghetti di Preola e Gorgi Tondi e Sciare di Mazara	Lago Preola e Gorgi Tondi
ITA010006	Paludi di Capo Feto e Margi Spanò	
ITA010011	Sistema dunale Capo Granitola, Porto Palo e Foce del Belice	
ITA010014	Sciare di Marsala	

Tab 1 – Elenco dei Siti di Importanza Comunitari e relative riserve regionali.

Laghetti di Preola e Gorgi Tondi e Sciare di Mazara

Il SIC si estende complessivamente per circa 1511 ettari, e si sviluppa parzialmente anche nelle sciare (Fig. 8).



Fig. 8 – Vista panoramica sull'area dei Gorgi Tondi.

L'area del SIC include un sistema lacustre retrocostiero di notevole importanza floristica e faunistica. E' presente una rigogliosa vegetazione palustre distribuita a cintura lungo le sponde dei vari ambienti umidi. Le scarpate attorno alla depressione ospitano una interessante formazione forestale con *Quercus ilex* e *Quercus calliprinos*. L'area delle Sciare è pianeggiante ed ospita un'interessante comunità vegetale fisionomizzata da *Chamaerops humilis* e *Rhamnus lycioides* subsp. *oleoides*, oltre ad aspetti di praterie xerofile, aperte, anch'esse di rilevanza floristica, fitocenotica e faunistica.

Paludi di Capo Feto e Margi Spanò

Il SIC comprende delle aree costiere, disgiunte in tre corpi (Capo Feto e Margi Spanò, zona costiera di Punta Parrino e Margi Milo), comprese tra Capo Feto e Torre Scibiliana; nel complesso l'estensione supera di poco i 300 ettari. Si tratta di superfici palustri separate dal mare da uno stretto e basso cordone dunale, caratterizzate da un substrato impermeabile, data l'elevata concentrazione di limo e argille; infatti, nel periodo invernale le depressioni vengono inondate dalle acque marine, cui si aggiungono apporti di acque dolci provenienti dall'interno (Fig. 9).



Fig. 9 – Vista panoramica delle paludi di Capo Feto.

Nel periodo estivo le stesse depressioni tendono parzialmente a prosciugarsi, generando così degli habitat particolari che ospitano interessanti aspetti floristico-fitocenotici, oltre a rappresentare delle importanti oasi per la fauna, stanziale e migratoria.

L'area delle paludi del mazarese presenta una elevata importanza soprattutto come luogo di sosta, anche temporanea, di numerose specie di uccelli durante le migrazioni. Numerose sono anche le specie che svernano. Alcune specie di insetti endemici sono esclusive di quest'area strettamente legata ecologicamente all'ambiente palustre.

Sistema dunale Capo Granitola, Porto Palo e Foce del Belice

Il SIC comprende l'ampia fascia costiera del Trapanese compresa fra Torretta Granitola e Porto Palo, includendo all'interno anche le foci del Modione e del Belice, nonché il litorale di Selinunte, sito di rilevante interesse archeologico. L'area, estesa complessivamente per circa 433 ettari, è caratterizzata dalla presenza di vecchie dune più o meno fissate, in buona parte sottoposte nel tempo a coltura; i substrati sabbiosi si estendono ampiamente verso l'interno, dove tendono poi a caratterizzare dei suoli sabbiosi poco evoluti, su matrice arenario-silicea, a pH alcalino. Nell'area si costituiscono i tipici habitat dell'ambiente dunale che caratterizzano le coste della Sicilia meridionale.

L'area del SIC riveste un'importanza notevole, sia dal punto di vista paesaggistico che biologico-ambientale. Nel sistema dunale trova spazio un insieme di comunità vegetali a carattere psammofilo e subalofilo, caratterizzate da entità alquanto specializzate e rare in Sicilia, anche in funzione del disturbo antropico sugli stessi habitat. Di un certo interesse risultano anche alcuni frammenti di macchia, gli aspetti di gariga a Palma nana, i circoscritti lembi alofitici del *Crithmo-Limonium*, le formazioni alofitiche presenti lungo le foci dei due corsi d'acqua. In questi ambiti trovano rifugio anche varie entità della fauna stanziale e migratoria.

Sciare di Marsala

Il SIC, esteso complessivamente 4.498 ettari, include le Sciare caratterizzate da una morfologia tendenzialmente in piano, per cui sono spesso soggette all'azione dei venti dominanti, in particolare lo scirocco ed il maestrale che non di rado superano anche i 100 km orari.

Il paesaggio è dominato da aspetti steppici a terofite utilizzati attraverso il pascolo, cui talora si alternano radi aspetti di gariga a *Thymus capitatus* o a Palma nana (Fig. 10). I circoscritti lembi forestali a Quercia spinosa assumono pertanto un significato relittuale.



Fig. 10 – Tipico ambiente delle sciare di Marsala.

1.1.6 Inquadramento climatico

L'elaborazione dei valori mensili delle precipitazioni e delle temperature della stazione di Mazara del Vallo gestita dal *Settore Osservatorio delle Acque* dell'*Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque*, situata alla quota di 8 m s.l.m. ha permesso di osservare le caratteristiche climatiche relative al periodo 1919-2000.

Le precipitazioni medie annue per il periodo di osservazione sono di 518 mm con variazioni tra i 267 mm, nel 1989, ed i 1048, nel 1958.

In particolare, dall'istogramma della distribuzione delle precipitazioni annue (Fig. 11) si può osservare che:

- a) periodi di elevata piovosità sono alternati da periodi di bassa piovosità; gli anni con piogge tra i 400 e 450 mm si presentano con frequenza superiore al 25%, mentre gli anni con pioggia maggiore di 450 mm rappresentano il 55% del periodo di osservazione (Fig. 12);
- b) gli anni 1954-1958 corrispondono al periodo più piovoso in assoluto con precipitazioni medie che raggiungono gli 803 mm (Fig. 13);
- c) le precipitazioni più scarse (circa 315 mm) sono state registrate intorno al 1990 (Fig. 13).

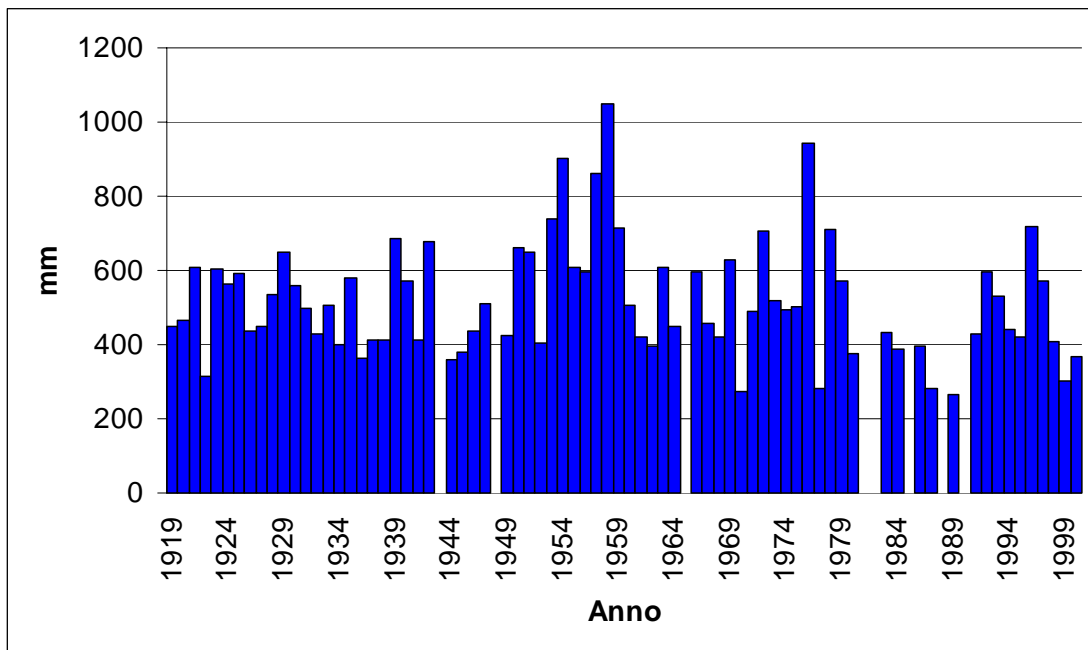


Fig. 11 – Istogramma della distribuzione delle precipitazioni annue registrate dalla stazione termopluviometrica di Mazara del Vallo.

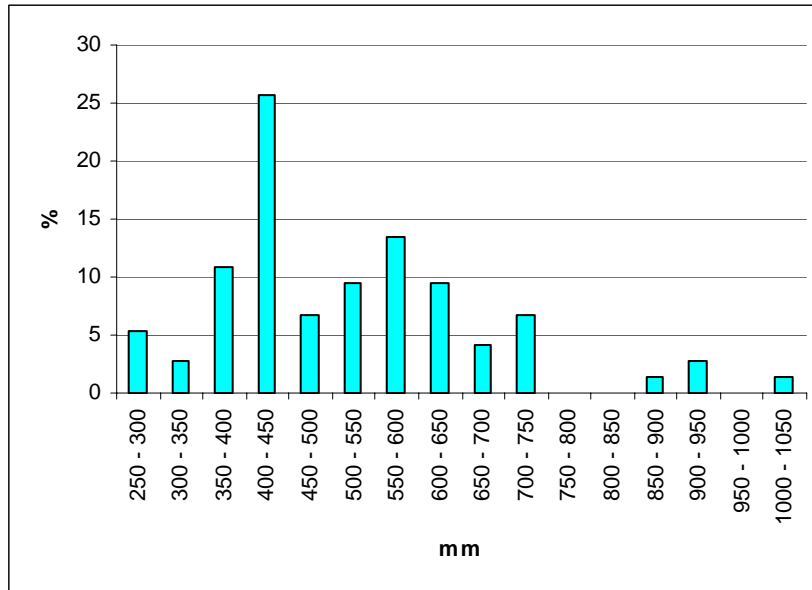


Fig. 12 – Distribuzione delle classi di frequenza delle precipitazioni.

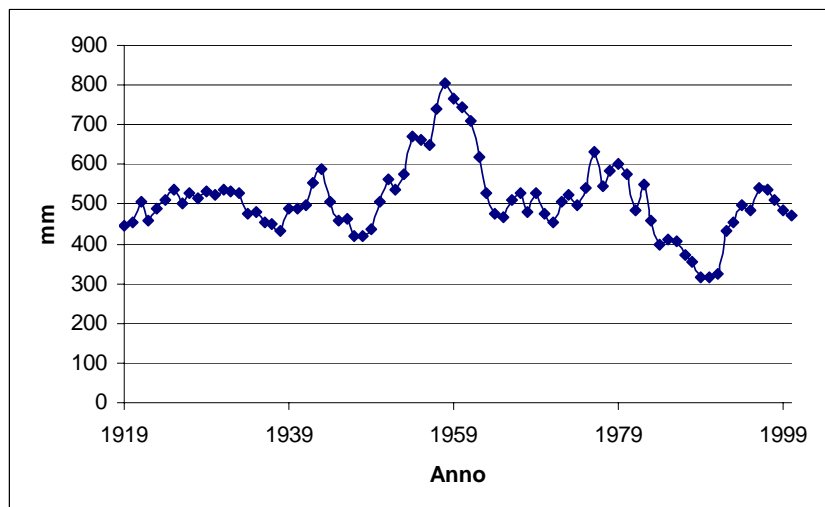


Fig. 13 – Andamento della media mobile su cinque anni delle precipitazioni annue

Dalla distribuzione delle precipitazioni medie mensili (Fig. 14) relative al periodo 1919-2000 è evidente la graduale diminuzione delle precipitazioni da dicembre a luglio che risulta il mese più secco dell'anno con appena 3 mm di pioggia. Dal mese di settembre invece, fino a dicembre si ha un brusco aumento delle precipitazioni che raggiungono in quest'ultimo mese gli 87,7 mm.

La scarsità delle piogge da maggio a settembre, in corrispondenza delle elevate temperature (Fig. 14), favorisce un'elevata evapo-traspirazione delle acque con un probabile abbassamento del livello piezometrico degli acquiferi.

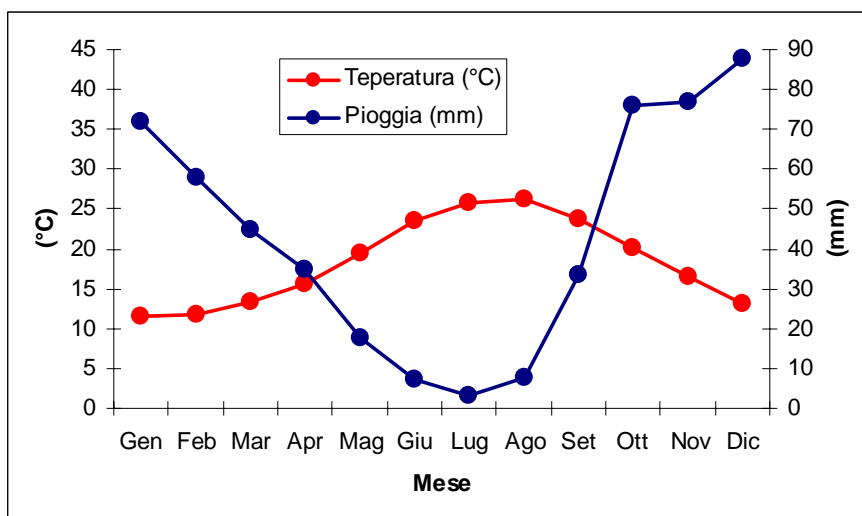


Fig. 14 – Variazioni delle precipitazioni e delle temperature medie mensili per la stazione di Mazara del Vallo. Periodo di riferimento 1925 – 1999.

Dalla distribuzione delle temperature medie mensili riferite al periodo 1926-1999 nella stazione di Mazara del Vallo possiamo osservare (Fig. 15):

- a) che la temperatura media annua è di 18,2 °C con variazioni tra i 16,8 °C, nel 1980, ed i 19,9 °C, nel 1994,
- b) un periodo freddo da 1933 al 1980 con un temperatura media di 17,7 °C ed un periodo più caldo dal 1983 ad 1999, con temperatura media di 19,2 °C.

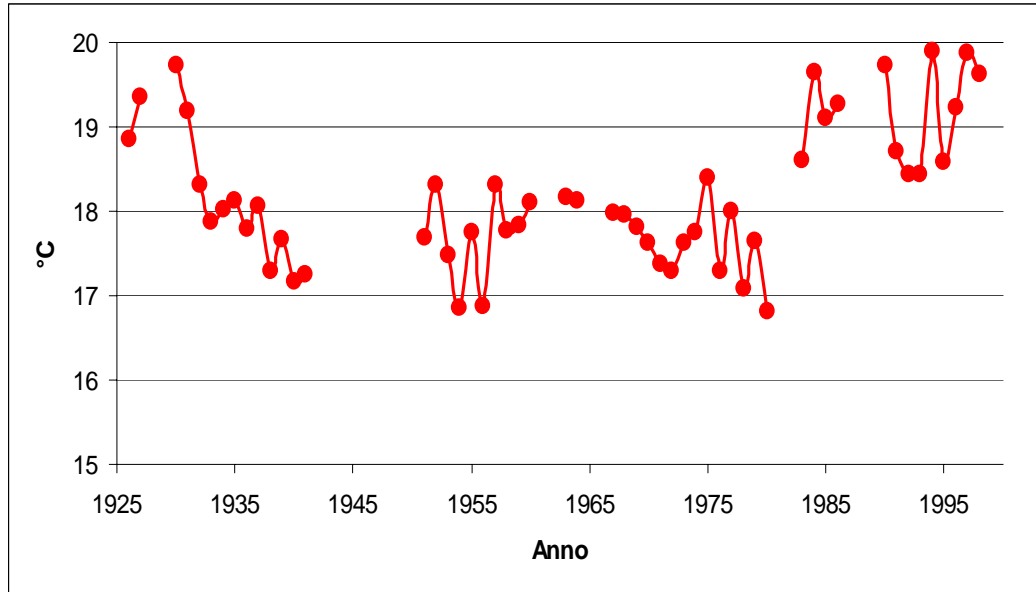


Fig. 15 – Variazione delle temperature medie annue nella stazione di Mazara del Vallo per il periodo 1926 – 2000.

Al fine di individuare eventi siccitosi nell'area in studio è stato effettuato il calcolo dell'Indice di Precipitazione Standardizzato (SPI) sulla base dei dati di pioggia registrati dalla stazione meteo di Mazara del Vallo dal 1919 al 2000.

Questo indice è stato sviluppato da McKee et al (1993) ed ha lo scopo di quantificare il deficit di precipitazione per diverse scale temporali; generalmente le scale di tempo impiegate per il calcolo dell'SPI sono 1, 3, 6, 12, 24 e 48 mesi.

L'indice calcolato su scale di tempo brevi fornisce indicazioni sull'umidità del suolo, mentre se calcolato su scale di tempo lunghe fa riferimento all'acqua nel sottosuolo, fiumi e invasi.

L'indice viene calcolato con i soli dati di precipitazione e precisamente è dato dalla deviazione della precipitazione rispetto al suo valore medio su una data scala temporale, divisa per la sua deviazione standard. Inoltre, viene eseguito un aggiustamento della variabile precipitazione in modo che l'SPI abbia distribuzione gaussiana con media nulla e varianza unitaria, dato che, almeno su scale temporali minori dell'anno, la precipitazione non è normalmente distribuita.

Grazie a questa normalizzazione è possibile fare un confronto tra i valori dell'indice calcolati per diverse aree e considerare periodi umidi e siccitosi nello stesso modo.

La classificazione dell'intensità di siccità o umidità in base ai valori dell'SPI è riportata nella tabella 2.

VALORE DELL'SPI	CLASSE
> 2,0	Estremamente umido
da 1,5 a 1,99	Molto umido
da 1,0 a 1,49	Moderatamente umido
da -0,99 a 0,99	Vicino alla media
da -1,0 a -1,49	Moderatamente siccitoso
da -1,5 a -1,99	Molto siccitoso
< -2,0	Estremamente siccitoso

Tab. 2 – Classificazione dell'intensità di siccità o umidità in base ai valori dell'SPI

I risultati del calcolo dell'SPI effettuato per tutti gli anni di misure disponibili sono riportati nelle figure 16, 17, 18, 19 e 20.

Per i dati di precipitazione mancanti è stata eseguita un'interpolazione spaziale utilizzando il metodo dell'IDW (Inverse Distance Weighting).

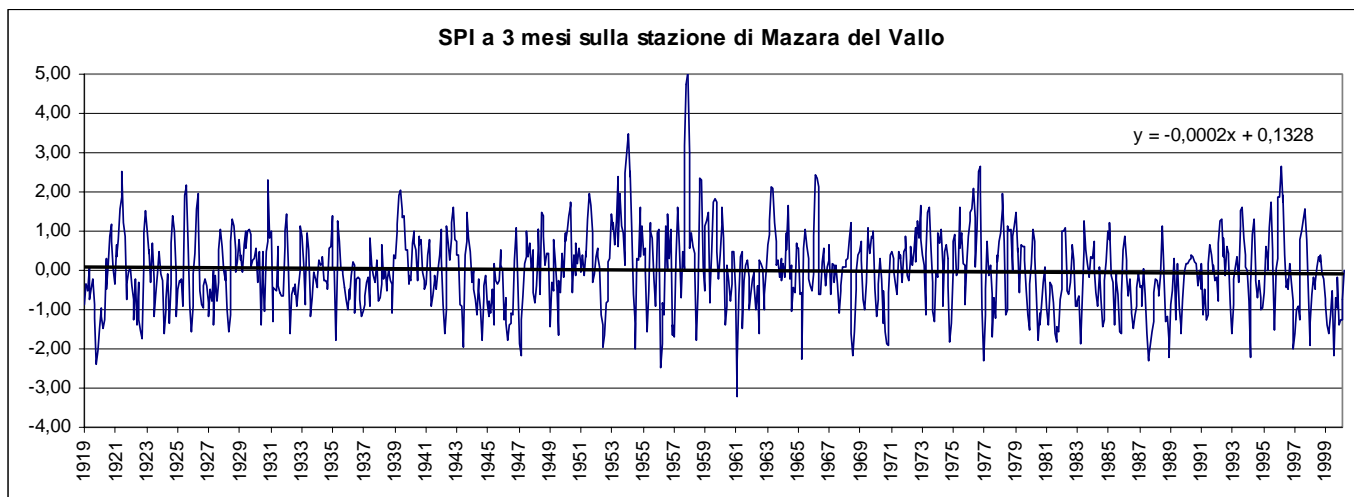


Fig. 16 – Andamento dell'SPI a 3 mesi sulla stazione di Mazara del Vallo.

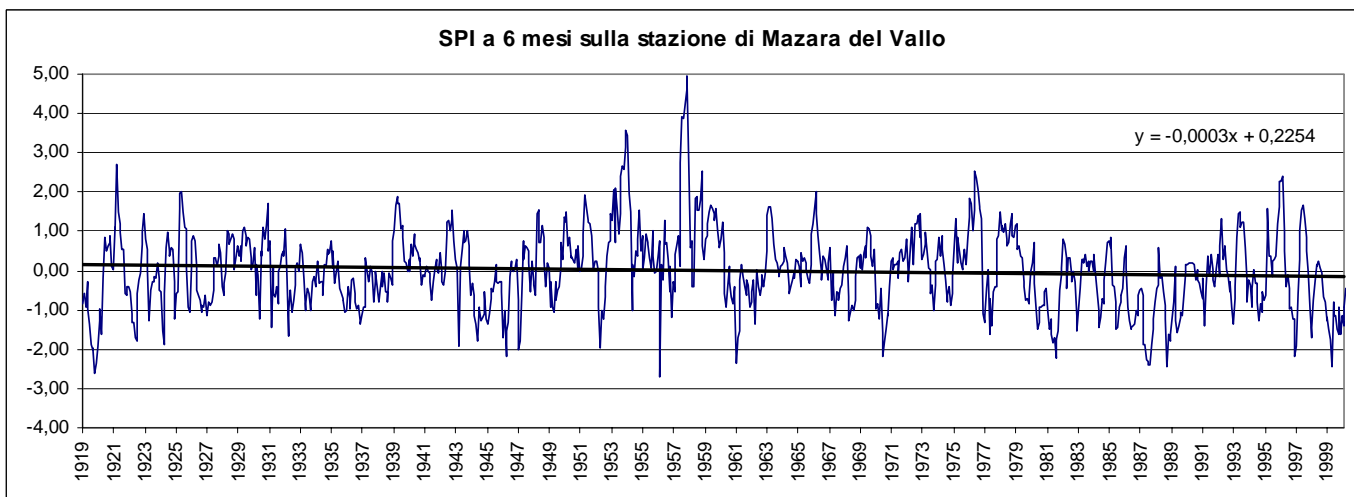


Fig. 17 – Andamento dell'SPI a 6 mesi sulla stazione di Mazara del Vallo.

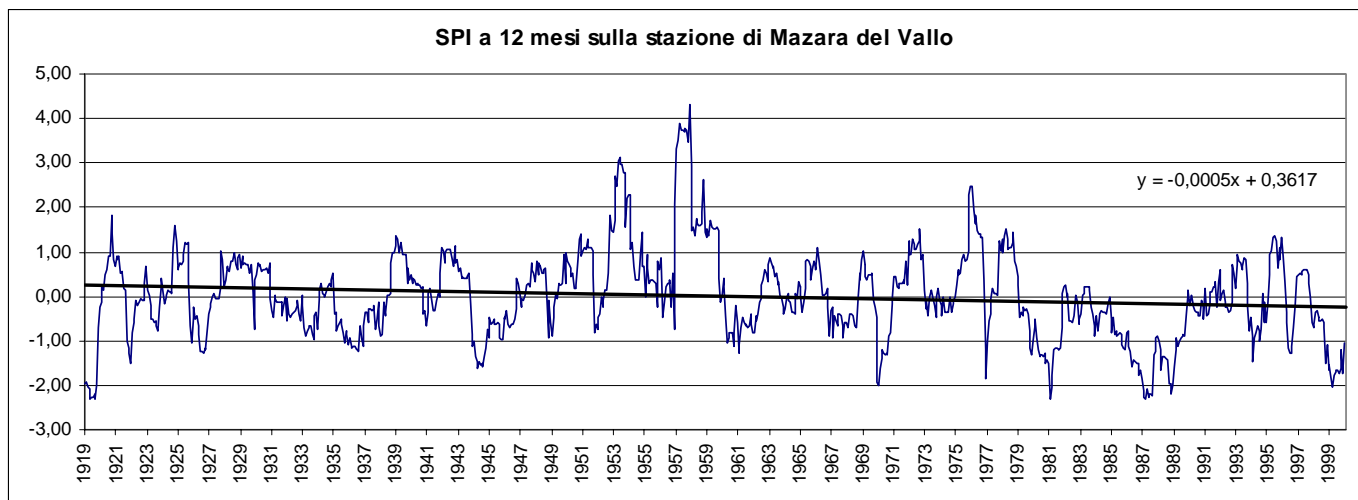


Fig. 18 – Andamento dell'SPI a 12 mesi sulla stazione di Mazara del Vallo.

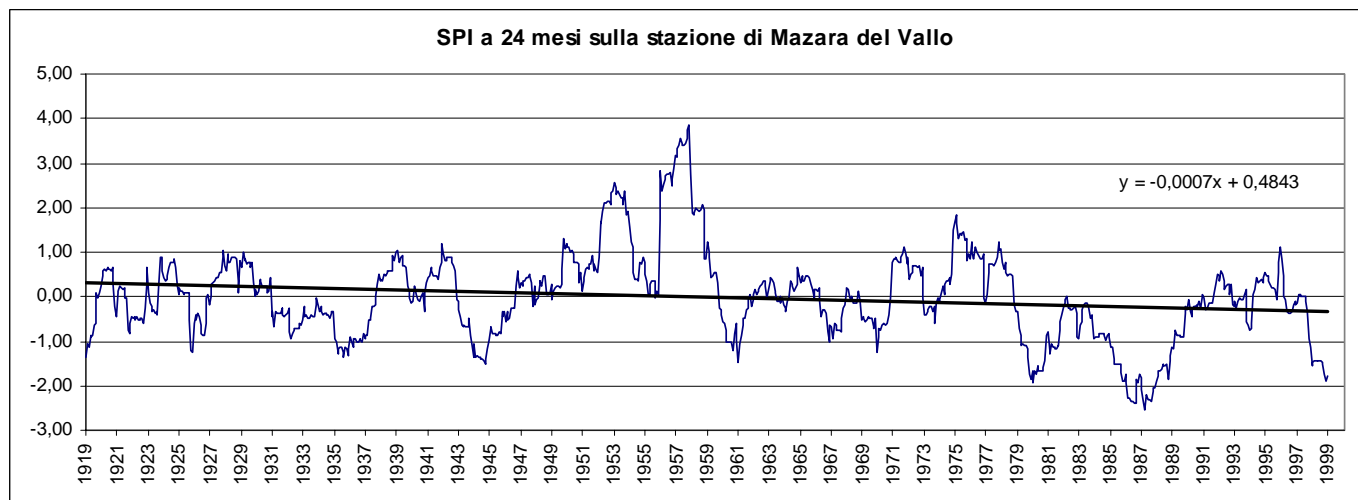


Fig. 19 – Andamento dell'SPI a 24 mesi sulla stazione di Mazara del Vallo.

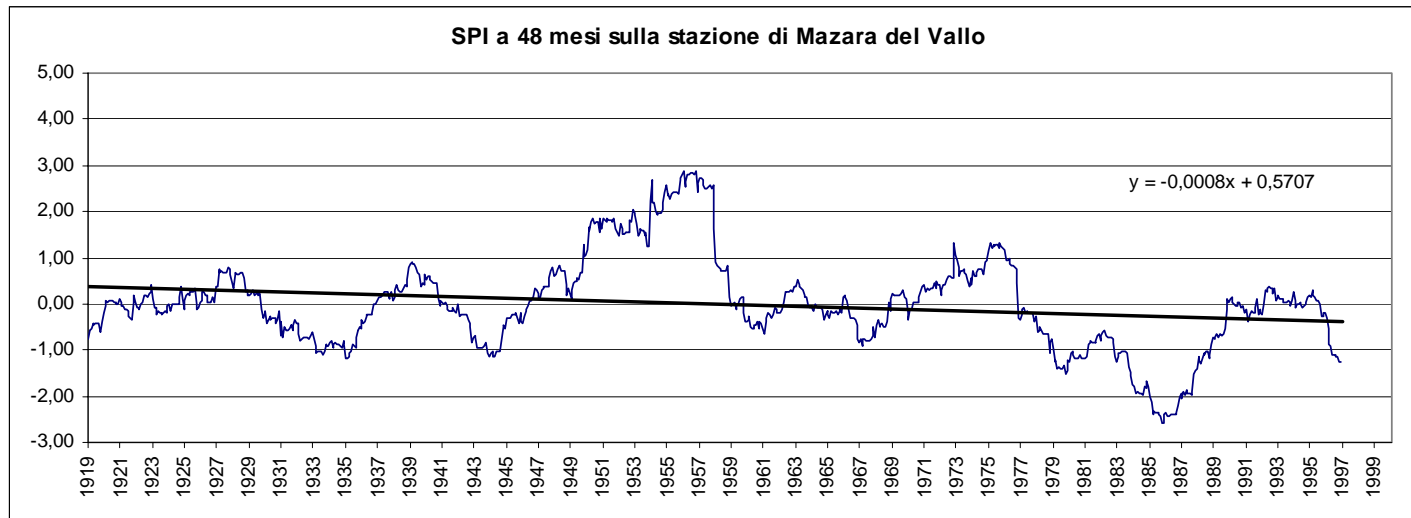


Fig. 20 – Andamento dell'SPI a 48 mesi sulla stazione di Mazara del Vallo.

Si nota un trend negativo per tutti gli intervalli temporali, che si va accentuando per periodi temporali più lunghi. I valori negativi dell'indice rimangono quasi sempre nell'intervallo 0/-1, superando di rado il valore di -2.

Nella figura 21 si nota come la frequenza di eventi siccitosi sia elevata nei decenni 1971-80 e 1981-90, mentre presenta un minimo nel decennio 1951-60.

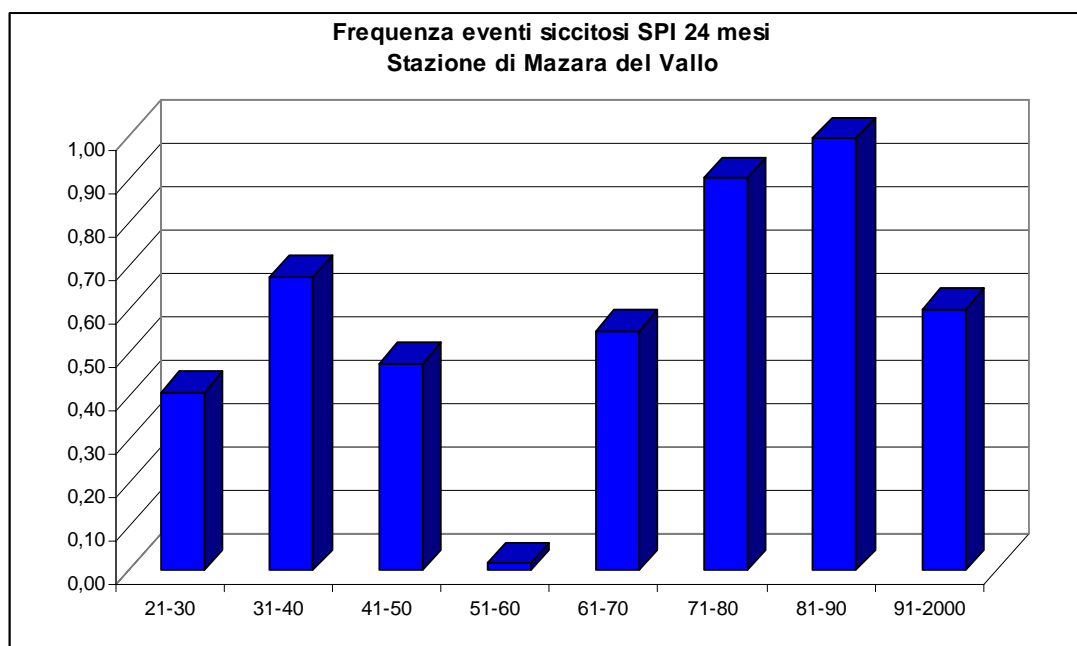


Fig. 21 – Frequenza di eventi siccitosi con SPI calcolato su 24 mesi.

1.2 ASPETTI DEMOGRAFICI

La popolazione residente nei comuni dell'area di studio è passata da 177.981 unità nel 1991, a 182.086 unità nel 2004, registrando quindi un incremento rispetto agli anni precedenti (Fig.22).

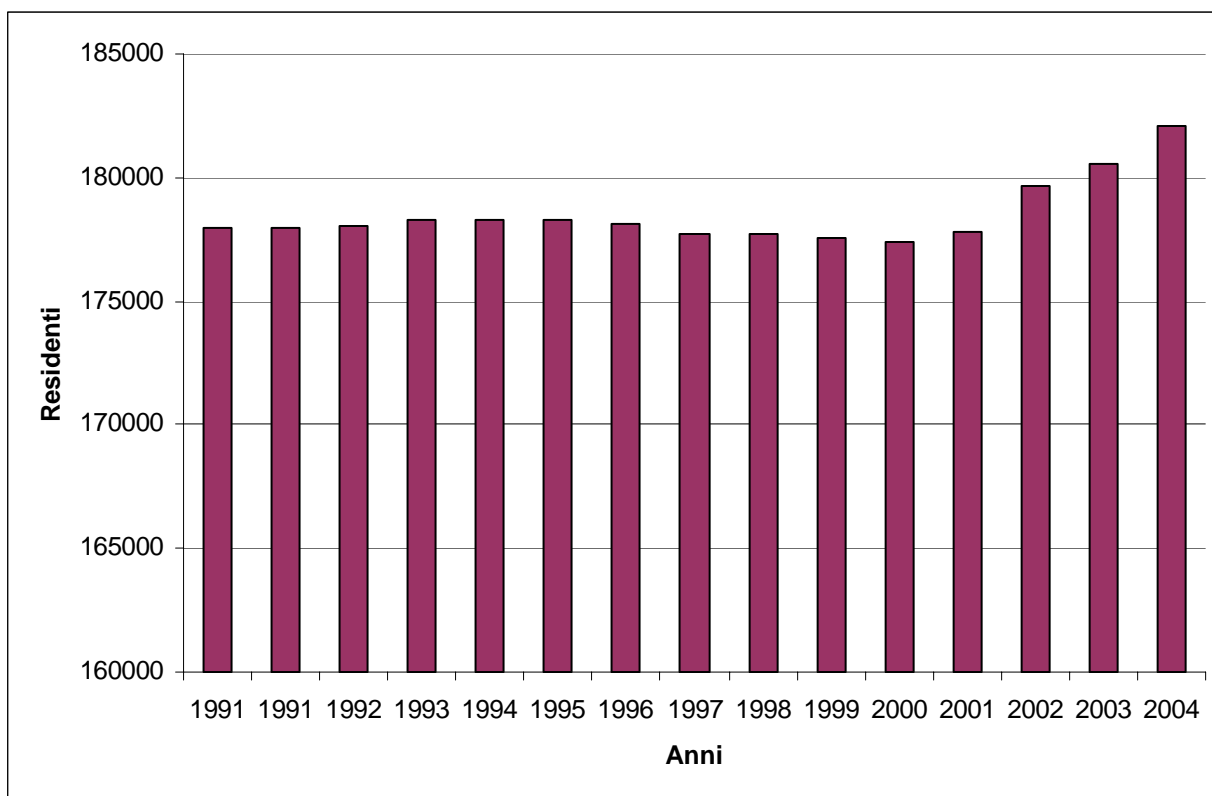


Fig. 22 – Andamento demografico dal 2002 al 2005 (elaborazione su dati ISTAT).

All'interno dell'area di studio si riscontrano in ogni modo due distinti andamenti demografici. In particolare si segnala una diminuzione di popolazione, per i comuni di Campobello di Mazara e Castelvetro per i quali si registra una popolazione complessiva che va da 42.852 nel 1999, a 41.227 nel 2004.

Mentre si segnala un aumento nella popolazione nei comuni di: Marsala, Mazara del Vallo e Petrosino che passa da 135.129 nel 1991, a 140.859 nel 2004 (Fig. 23).

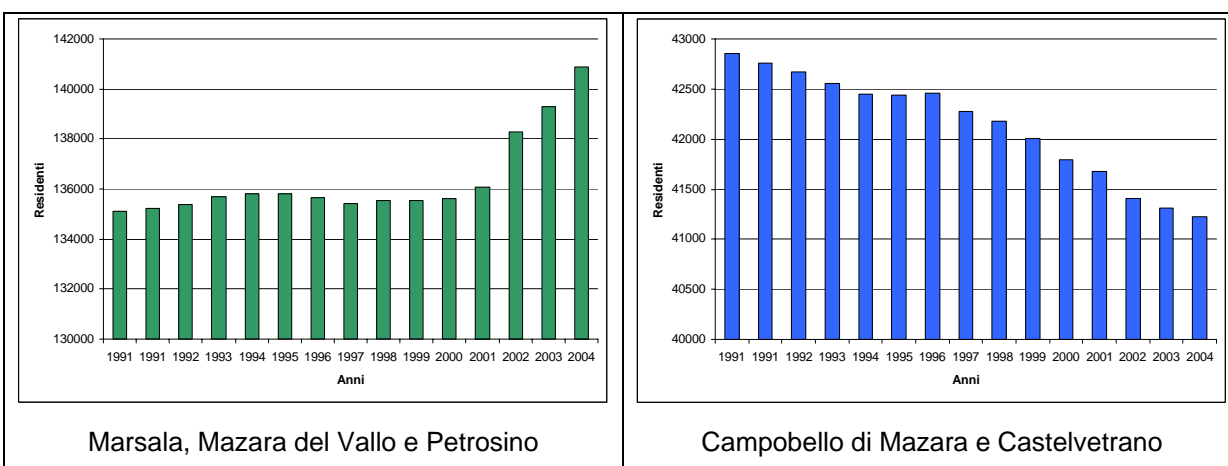
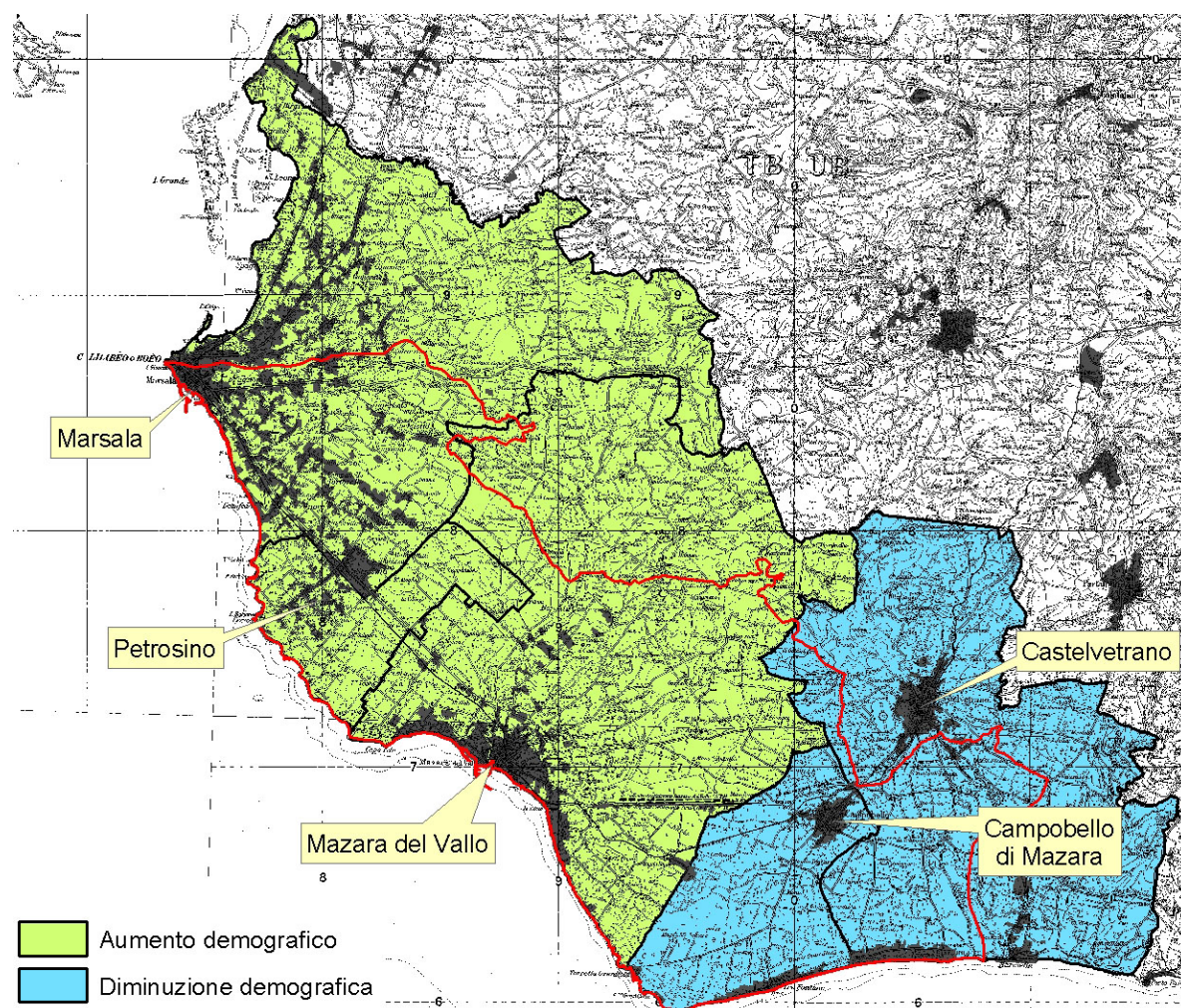


Fig. 23 – Andamento demografico dei Comuni dell'area di studio (elaborazione su dati ISTAT).

1.3 ASPETTI ECONOMICI E PROBLEMATICHE DI SVILUPPO DELL'AREA

Al fine di presentare un quadro economico e sociale indicativo per l'area di studio, in questa fase sono state reperite informazioni statistiche su base comunale sia per quanto riguarda gli aspetti economici e sociali generali che per quanto riguarda alcuni aspetti legati alle problematiche connesse alla desertificazione.

I dati economici e sociali relativi ai cinque comuni interessati dallo studio sono stati estrapolati dall'Atlante Statistico dei Comuni (ISTAT) aggiornato al 2001 e rielaborati in forma grafica.

I dati relativi ai censimenti del 1991 e del 2001 sul numero di imprese ripartite per settore economico ATECO (Fig. 24) mostrano una netta prevalenza del settore secondario rispetto a quello terziario e a quello primario che è quello con il più basso numero di imprese in assoluto. All'interno del settore primario le attività con il più alto numero di imprese è quello della piscicoltura e delle attività connesse che tuttavia nel decennio considerato hanno subito un incremento relativo sostanziale.

Tralasciando il settore del commercio e delle riparazioni, l'istruzione ed il settore dell'intermediazione finanziaria, quasi tutti i comparti hanno subito un incremento come numero di imprese dal 1991 al 2001.

Anche i dati relativi al numero di addetti alle imprese ripartiti per ogni settore di attività economica ATECO (Fig. 25) ricalcano i dati precedenti e gli stessi trend almeno per quanto riguarda i settori primario e secondario.

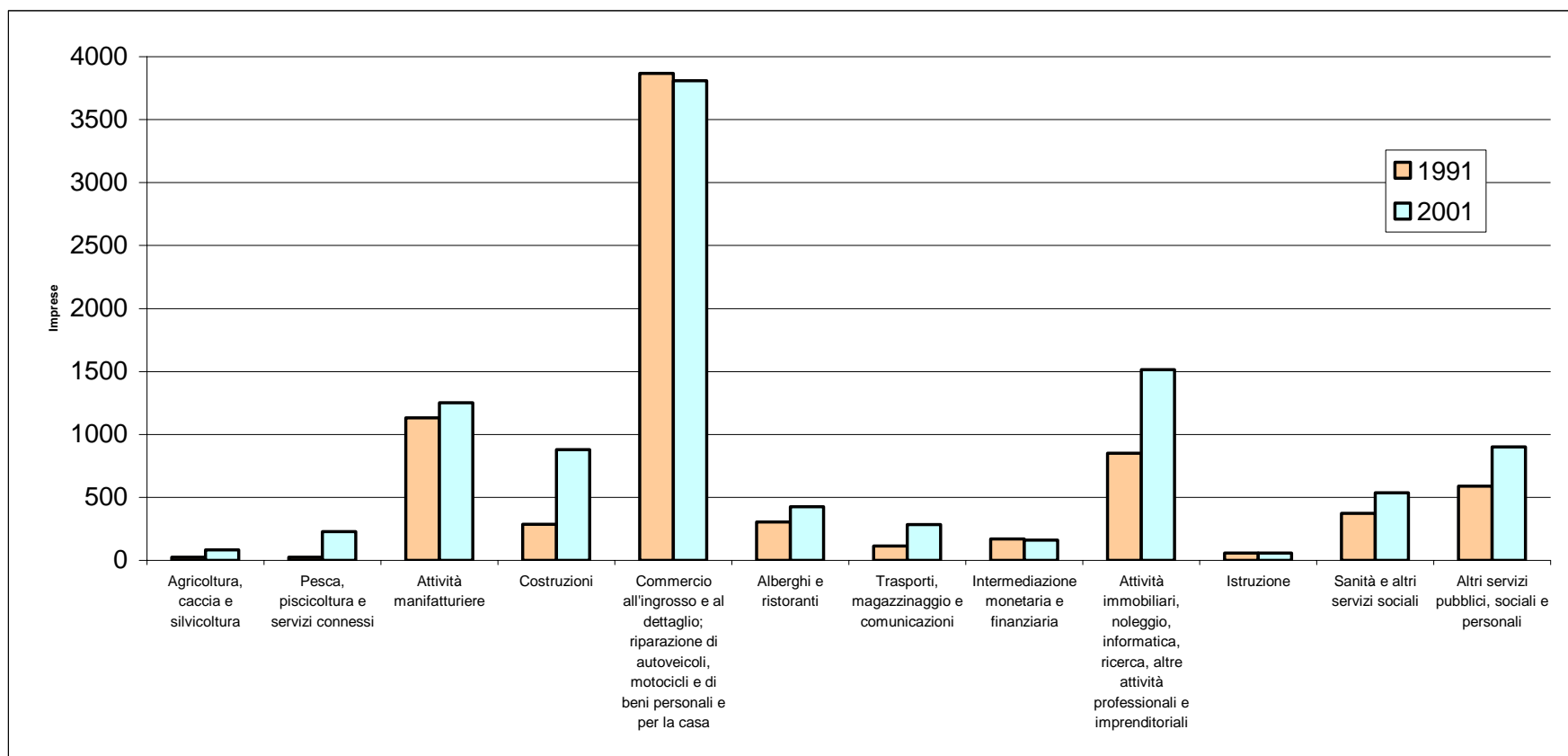


Fig. 24 – Ripartizione delle imprese per attività economiche ATECO

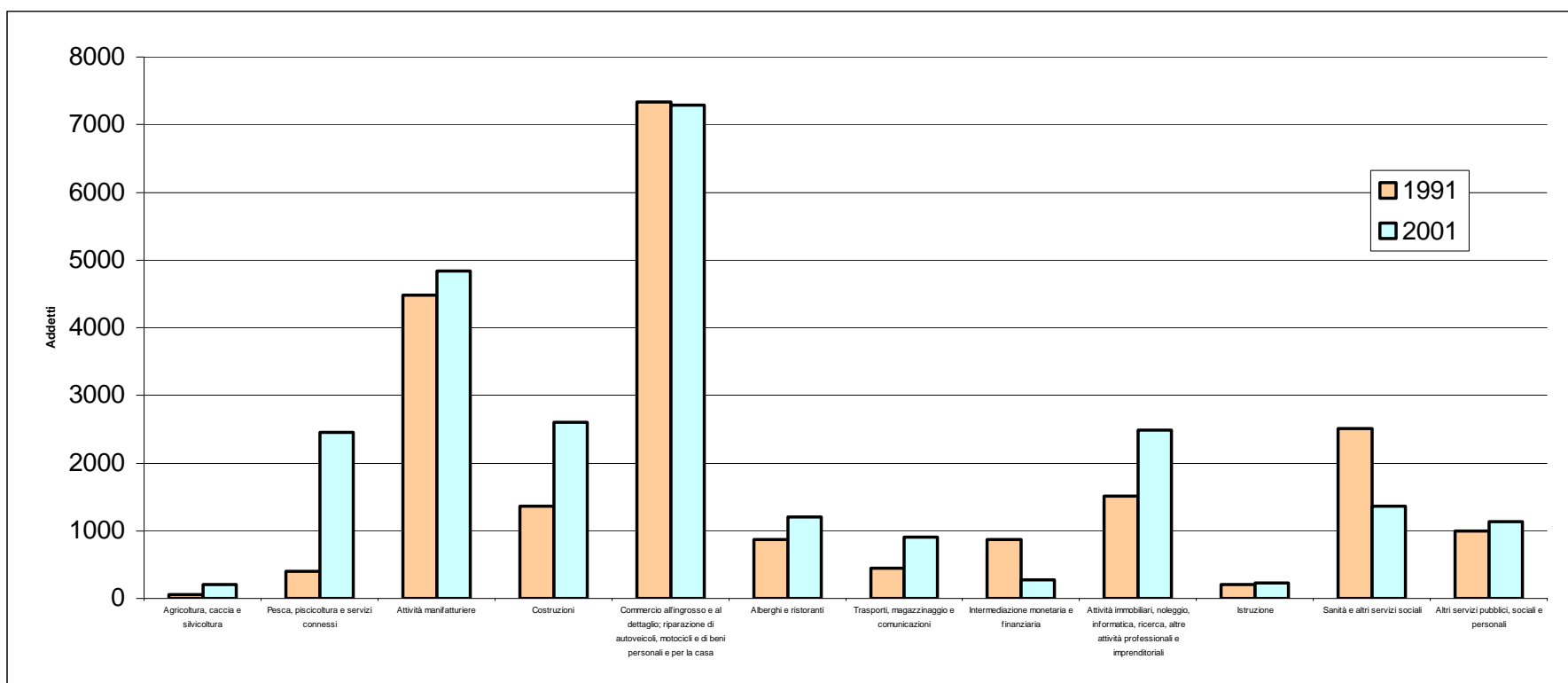


Fig. 25 – Ripartizione dei numero di addetti per attività economiche ATECO.

Focalizzando l'attenzione al settore dell'agricoltura, i dati statistici relativi all'ultimo censimento per le coltivazioni legnose agrarie, che come si vedrà dalla carta dell'uso del suolo occupano la maggiore superficie, evidenziano anch'esse che la maggiore superficie delle aziende agricole ricadenti nei cinque comuni considerati è destinata alla coltivazione della vite (quasi i 3/4) (Fig. 26).

Di questa superficie, estesa complessivamente 25.216 ettari, il 99% è investita per la coltivazione di uva da vino, che rappresenta in ogni caso l'attività agricola prevalente.

Tuttavia confrontando nel complesso i dati relativi alla superficie a vite degli anni 1991 e 2001 (Fig. 27), si nota una diminuzione di circa 1.800 ettari.

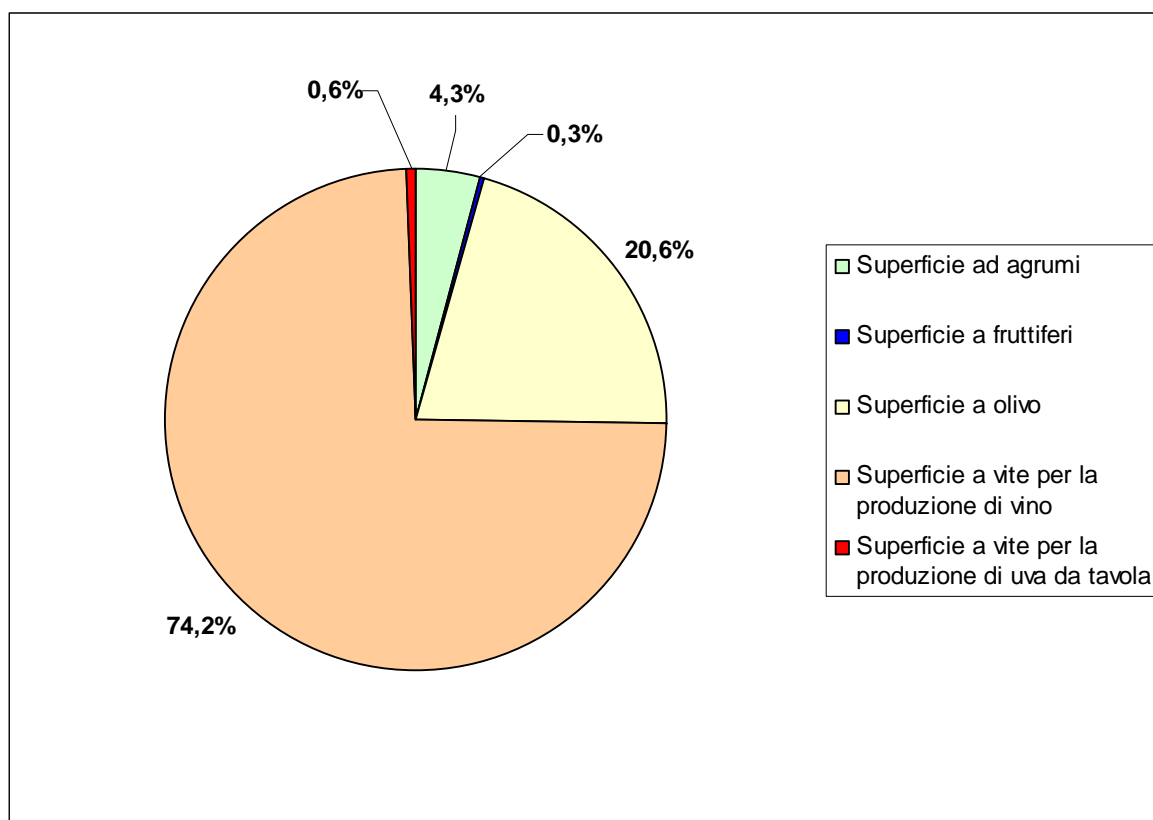


Fig. 26 – Ripartizione per tipologia della superficie occupata dalle coltivazioni legnose agrarie.

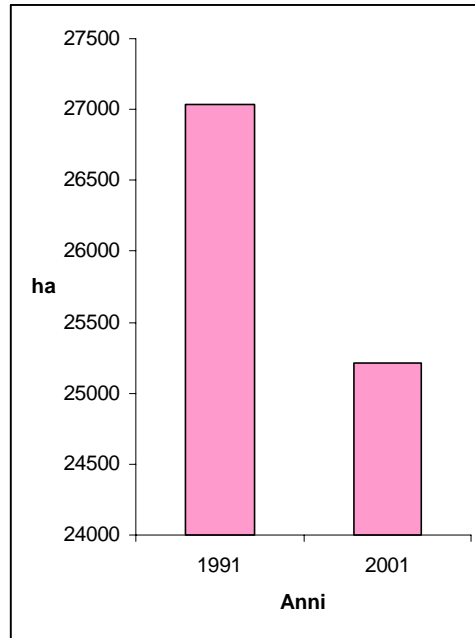


Fig. 27 – Superficie totale coltivata a vigneto negli anni 1991 e 2001.

Di particolare interesse, per le problematiche legate direttamente ad alcuni processi correlati alla desertificazione (salinizzazione del suolo indotta per irrigazione) rivestono i dati relativi alla superficie totale delle aziende agricole ripartita secondo i sistemi in irriguo ed in asciutto (Fig. 28).

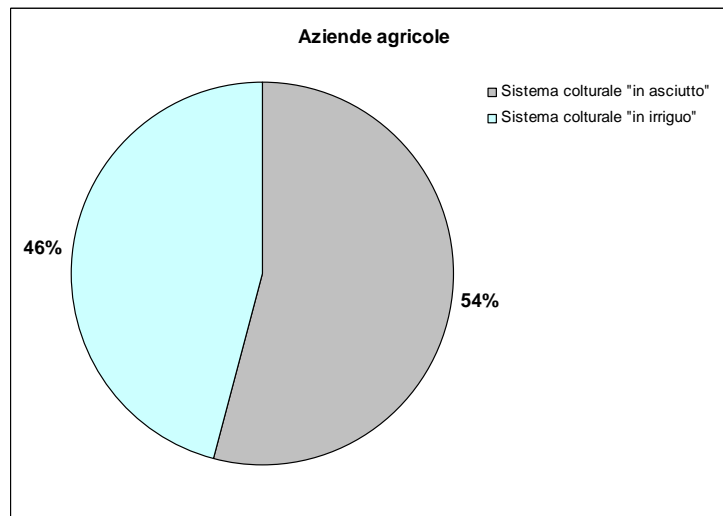


Fig. 28 – Ripartizione della superficie agricola secondo i sistemi culturali in irriguo e in asciutto.

Risulta infatti che il 46% della superficie destinata alla attività agricola è irrigata, dato molto al di sopra della media regionale. Questo indica in maniera molto approssimata la superficie in cui potenzialmente potrebbero verificarsi problemi di accumulo di sali nel suolo, nel caso si utilizzassero acque con elevati contenuti di sali solubili, e nello stesso tempo fornisce indicazioni sulla necessità di assumere come una prioritaria linea di azione l'ottimizzazione delle risorse idriche disponibili.

PARTE 2

2.1 ANALISI SITUAZIONE ATTUALE ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE VULNERABILI

2.1.1 L'Uso del Suolo

Le informazioni attualmente reperibili sull'uso del suolo dell'area di studio individuata derivano dalla carta CORINE Land Cover 2000 disponibile per l'intero territorio regionale (Fig. 29) e da alcune cartografie a scala più dettagliata realizzate dalle Sezioni Operative dei Servizi allo Sviluppo dell'Assessorato Regionale Agricoltura e Foreste. Quest'ultime, sebbene abbiano una struttura di classificazione basata sulla stessa legenda CORINE (fino al IV° livello), non riescono tuttavia a coprire l'area per intero.

Per avere delle informazioni uniformi ed aggiornate su tutta l'area è stato effettuato un rilevamento per fotointerpretazione di documenti aerofotografici recenti che ha permesso di ottenere a scala dettagliata una carta dell'uso attuale del territorio.

Le chiavi fotointerpretative e la struttura della legenda sono state derivate dalle cartografie dettagliate (scala 1:25.000) attualmente disponibili che coprono i quasi i 2/3 dell'area. Le aree attualmente cartografate sono state aggiornate per fotointerpretazione digitale e validate da sopralluoghi in campo per verifica di aree campione.

Considerata la scala su cui rappresentare le informazioni, la legenda relativamente solo alcune classi, è stata semplificata a livello superiore. Pertanto le classi definitive individuate riferiscono al III° e IV° livello della CORINE Land Cover 2000. In totale sono state definite 30 classi di uso del suolo.

1. Territori modellati artificialmente

11. Zone urbanizzate

111. Tessuto denso

Interessa i centri abitati ricadenti all'interno dell'area: Marsala e le relative frazioni, Mazara del Vallo, Campobello di Mazara, parte di Castelvetro, Trascina e Tre

Fontane. La classe comprende 23 delineazioni estese complessivamente 1.840 ettari pari al 4,2% circa dell'intero territorio.

112. Tessuto rado

Comprende le aree interessate da insediamenti abitativi, che si caratterizzano per la presenza di giardini costituiti, sia da piante ornamentali che da orti e fruttiferi di ridotte estensioni. Dette aree sono localizzate nelle periferie dei centri abitati a tessuto denso oppure in prossimità di alcuni centri minori (Petrosino, Strafatti) o di contrade densamente popolate. La superficie si presenta molto frammentata (229 delineazioni) e ricopre una superficie di 3.000 ettari pari al 6,8% del territorio.

12. Zone produttive e infrastrutture

Detta classe estesa complessivamente 189 ettari comprende 89 delineazioni raggruppate secondo le classi a livello inferiore:

121. Aree industriali

122. Aree ad infrastrutture generiche

123. Aree portuali

125. Centri aziendali agricoli

13. Zone in trasformazione

132. Discariche

Costituita da 7 delineazioni sparse nel territorio che occupano complessivamente una superficie di 7 ettari.

133. Aree estrattive

La classe è costituita da 59 delineazioni per una superficie complessiva di circa 686 ettari pari al 1,6% dell'intero territorio. Comprende le cave di calcarenite, localmente dette "perriere" diffuse principalmente nelle aree a sud-est di Marsala.

14. Zone verdi urbane e zone archeologiche

141. Aree sportive e turistiche

Trattasi di aree sportive e turistico alberghiere la cui superficie complessiva è irrilevante. In questa classe è stata inclusa anche l'area archeologica di Selinunte.

2.Territori agricoli

21.Colture erbacee

211.Seminativo asciutto

2111.Seminativo asciutto semplice

Rappresenta una delle classi con maggiore delimitazioni (372) concentrate nella parte meridionale dell'area per un'estensione complessiva di quasi 3.000 ha pari al 6,8% dell'intero territorio. È l'uso diffuso nella zona collinare ed è in larga parte rappresentato dalla coltura del grano duro avvicendato alle leguminose da foraggio o da granella, al maggese nudo, o in monosuccessione per 2-3 anni.

212.Colture protette

2121.Colture protette in serra e/o tunnels

Questa unità è la seconda come numero di delimitazioni (423) sparse in tutto il territorio, ma con una concentrazione maggiore sulle "sciare" di Marsala, dove negli ultimi anni si è assistito alla trasformazione dell'uso del suolo che da incolto è stato trasformato in colture protette. Questa conversione è stata possibile grazie alla trasformazione dei suoli originari in "suoli antropogenici". Le colture in serra o tunnels sono rappresentate principalmente dalle orticole (fragole principalmente) e dalle floricole. L'unità è estesa circa 530 ettari con una incidenza del 1.2% sul territorio.

2122.Vivai

Interessa una superficie di circa 94 ha con 32 delimitazioni sparse in tutto l'ambiente costiero del territorio. Le coltivazioni prevalenti sono quelle di palme ed arbusti ornamentali.

213.Seminativo irriguo

2131.colture orticole in pieno campo

Estesa 423 ettari con 91 delineazioni rappresenta quasi l'1% del territorio. Le specie più coltivate sono: il cavolfiore, il carciofo, l'anguria, il finocchio e la patata.

22. Colture legnose agrarie

221. Agrumeto

Con 142 delineazioni e 1.315 ha rappresenta il 3% del territorio. Diffusa soprattutto nei pressi di Campobello di Mazara ma recentemente anche nelle zone in prossimità delle "sciare" marsalesi. Le specie coltivate sono soprattutto il mandarino e limone nelle aree più interne e diverse varietà di arancio nelle aree costiere.

222. Vigneto

2220. Vigneto e oliveto consociato

L'unità è costituita da 203 delineazioni per un totale di 1.620 ha pari al 3,7% circa dell'intero territorio. È diffusa in tutta l'area e riporta aree in cui non è stato possibile, per le loro modeste dimensioni, suddividere il vigneto dall'oliveto in due classi separate. Meno frequenti sono le aree dove le due colture sono in consociazione (oliveto sopra vigneto).

2221. Vigneto specializzato

Rappresentata da 328 delineazioni è l'uso del suolo più diffuso che caratterizza il paesaggio dell'area. L'estensione attuale è di 17.300 ettari pari a circa il 40% dell'intero territorio. Le varietà coltivate variano da cultivar locali a cultivar pregiate. Nelle zone più interne e collinari la coltivazione della vite viene realizzata anche in asciutto. Il metodo di allevamento è quasi sempre a controspalliera. I vigneti vengono tenuti in produzione per non più di 15-18 anni. Dopo tale periodo spesso il suolo è interessato da profonde lavorazioni che intaccano il substrato calcarenitico.

223. Oliveto

Questa coltura è localizzata principalmente nella parte meridionale dell'area, nei territori amministrativi di Castelvetro e Campobello di Mazara. È la seconda per

superficie (5.420 ha) incidendo per più del 12% sull'intero territorio. La varietà maggiormente coltivata è la Nocellara del Belice, utilizzata soprattutto per la produzione di olive da mensa. La forma di allevamento è quasi sempre a globo pieno con una densità media di 200 piante per ettaro fino a 300 piante per ettaro nei terreni più fertili.

225.Frutteto specializzato

Costituito da 39 delineazioni per una superficie di circa 112 ettari e diffuso maggiormente nelle aree interne. Le specie più rappresentate sono il pesco, l'albicocco, il mandorlo, il susino.

226.legnose agrarie miste

Si tratta dei vecchi frutteti non specializzati dove è possibile ritrovare numerose specie in consociazione (comprese olivi e viti). È costituita da 81 delineazioni per un totale di 290 ettari.

3.Territori boscati ed ambienti semi-naturali

31.Boschi

311.Latifoglie

3112.Eucalitteti

Costituito da 3 delineazioni per una estensione di circa 50 ettari. L'area maggiore si trova sulle sciare marsalesi dove sono stati effettuati dei rimboschimenti da circa 25 anni.

313.Bosco misto

3131.Forestazione produttiva

Costituito da sole 3 delineazioni di dimensioni trascurabili. Trattasi di terreni agrari trasformati in coltivazione legnose per la produzione di legno e frutto.

32.Area a vegetazione arbustiva e/o erbacea

321.Macchia e/o cespuglieto

Unità costituita 35 delineazioni sparse in tutto il territorio per una superficie complessiva di 187 ettari. La macchia tipica che caratterizzava alcune “sciare” è ormai quasi scomparsa per i ripetuti incendi verificatesi nel corso degli anni.

323.Incolto e/o incolto roccioso

Questa classe è stata suddivisa in due unità di livello inferiore per distinguere le aree incolte a pascolo dove non è presente roccia affiorante aree incolte con affioramenti rocciosi improduttive. Ambedue le unità si rinvenivano principalmente in quelle aree definite localmente “sciare”.

3231.Incolto produttivo

Costituito da 187 delineazioni per un totale di 3.065 ettari pari al 7% del territorio. La vegetazione è costituita da graminacee e leguminose con arbusti sparsi tipici della macchia mediterranea. Il suolo è molto sottile e dove il substrato calcarenitico è più tenero queste aree vengono trasformate con interventi di scasso e macinatura per le colture vivaicole, in serra o per il vigneto.

3232.Incolto roccioso

Rappresenta quella parte delle “sciare” dove il suolo è quasi inesistente ed affiorano i banconi calcarenitici. L'erosione idrica ed eolica ostacolano fortemente la formazione del suolo. È costituita da 127 delineazioni per una superficie complessiva di 4.020 ettari pari al 9,1% dell'intero territorio. Anche queste aree sono interessate da trasformazioni incisive da parte dell'uomo per la creazione di suolo. Parte di queste aree è stata anche interessata dall'impianto di serre per la produzione di fiori in coltivazione fuori terra.

33.Zone aperte con vegetazione rada o assente

332.Alvei fluviali - argini

Occupano una superficie di circa 294 ettari.

333.Spiagge

Occupano una superficie di circa 133 ettari.

4.Zone umide

42.Zone umide costiere

421.Pantani costieri e macchia

Costituita da 4 delineazioni localizzate nelle aree costiere tra Marsala e Mazara. Occupano una superficie complessiva di 260 ettari. Queste aree sono rappresentate da zone umide sabbiose e paludose sulla costa. Chiamate localmente “margi” si ritrovano nell’area dei Margi Spanò, Margi Milo e Capo Feto. Per la loro particolarità vegetazionali e faunistiche rappresentano ecotopi oggetto di protezione ambientale.

5.Corpi idrici

51.Acque continentali

Questa classe, che comprende i laghi, è stata suddivisa in due unità per distinguere i laghi artificiali da quelli naturali.

511.Laghi naturali

Rappresentati esclusivamente dai Laghi Preola.

421.Laghi artificiali

Trattasi di 15 piccoli laghetti collinari per la raccolta delle acque piovane per l'irrigazione. Sono localizzati nella zona interna dove affiorano le argille.

Ai fini dello studio, l’uso del suolo oltre a fornire delle informazioni necessarie sul territorio per l’elaborazione delle linee di sviluppo rappresenta un indicatore importante connesso alle trasformazioni del territorio che incidono sul suolo ed alle cause e processi di desertificazione.

Le tipologie di uso che sono state rinvenute, la loro estensione e la loro distribuzione spaziale indicano che l’area è interessata per la maggior parte da un’agricoltura di tipo intensivo. L’uomo pertanto rappresenta il fattore principale che modella il paesaggio. Conseguentemente le azioni dell’uomo svolte in agricoltura si ripercuotono talvolta in maniera incisiva sul suolo.

Un'importante indagine che dovrebbe essere realizzata è lo studio dei cambiamenti d'uso che sono intercorsi negli ultimi anni. L'obiettivo sarebbe quello di analizzare i trend e le traiettorie di cambio, anche sulla base dei dati demografici ed economico-sociali, al fine creare scenari presenti e futuri che possano essere di supporto per l'indicazione di linee di sviluppo del territorio. Vista la mancanza di cartografie di uso del suolo ciò richiederà la creazione di mappe, realizzate sempre su base fotointerpretativa di documenti aerofotografici pregressi, che saranno incrociate insieme a quella attuale.

La carta di uso attuale è stata utilizzata per l'estrapolazione delle superfici artificiali e modellate dall'uomo che sono state inserite nella cartografia pedologica. Considerato inoltre che le attività agricole influenzano attualmente in maniera preponderante i suoli e la loro qualità chimica, fisica e biologica (soprattutto quelli la cui genesi è profondamente determinata dalla attività umana), la carta dell'uso del suolo ha rappresenta un documento di estrema importanza sia per lo studio ed il rilevamento pedologico, nonché per l'individuazione su base territoriale dei processi responsabili della desertificazione (principalmente l'erosione e la salinizzazione).

2.1.2 Il Suolo e i processi di desertificazione in atto

Nello studio delle cause e dei processi di desertificazione il suolo rappresenta sicuramente il soggetto più direttamente colpito ed è quindi una delle principali componenti dell'ambiente coinvolte nelle indagini.

Le ricerche bibliografiche mirate al reperimento di dati pedologici per l'area di studio hanno messo in evidenza soprattutto una carenza di informazioni cartografiche sulla distribuzione delle tipologie di suolo (almeno alla scala su cui si opera: 1:100.000, 1:50.000) ma anche la carenza di informazioni precise per quanto riguarda i processi in atto che rientrano nella problematica della desertificazione.



Fig. 30 – Suolo, subito dopo l'espianto del vigneto, che è stato interessato da una profonda lavorazione con organi discissori che hanno frantumato e portato in superficie parte del substrato calcarenitico. I frammenti grossolani di calcarenite saranno in seguito frantumati con appositi mezzi meccanici.

Suoli molto vulnerabili alla desertificazione sono quelli su calcareniti che mostrano un profilo con spessore ridotto (<50 cm), in quanto, per le attività colturali a cui vengono destinati (viticoltura, sericoltura, orticoltura), sono stati e continuano ad essere soggetti a profonde alterazioni da parte dell'uomo che li trasforma da suoli in "substrati colturali". A tal proposito dai sopralluoghi in campo è stata verificata anche un'altra tecnica di rimaneggiamento del suolo con la finalità di aumentare il franco di coltivazione che sembra avere una diffusione crescente per i costi più contenuti rispetto a quella precedentemente descritta. Il suolo viene dapprima ricoperto da materiale terroso di risulta a granulometria fine proveniente dalle cave abbondantemente presenti nella zona, livellato ed in seguito rimescolato in profondità. Il risultato è suolo completamente artefatto, in cui la sequenza degli orizzonti viene annullata, e la cui genesi è stata imposta esclusivamente dall'uomo ("suoli antropogenici").

Alcuni sopralluoghi hanno messo in evidenza che il paesaggio pedologico è stato completamente trasformato ad opera dell'uomo. La diffusione della viticoltura di qualità e della sericoltura, che implicano determinati standard di produzione, portano infatti all'alterazione dei suoli originali, sia con azioni estremamente incisive che, in tempi più lunghi, con l'alterazione delle proprietà chimiche e biologiche dovuta all'impiego massiccio di antiparassitari e concimazioni chimiche. Questi suoli fortemente antropizzati sono particolarmente soggetti sia a fenomeni di inquinamento, dovuti all'accumulo di particolari sostanze derivanti dagli input di coltivazione ed all'utilizzo di pacciamature con film plastici spesso interrati o bruciati in loco, che a fenomeni di alterazione fisica (erosione eolica ed idrica nella aree a maggiore pendenza). Come dimostrano alcune studi effettuati in altre aree della Sicilia, oltre ad essere vulnerabili ai processi di contaminazione, questi suoli sono soggetti ad evidenti fenomeni di perdita di sostanza organica e ad un notevole sconvolgimento delle attività microbiologiche e biochimiche del suolo. Il processo di desertificazione più problematico resta comunque la salinizzazione del suolo per l'utilizzo di acque irrigue con elevate concentrazioni di sali solubili (salinità del suolo indotta o secondaria). Il sistema colturale diffuso essendo di tipo irriguo comporta l'utilizzo di acque emunte dalla falda e delle acque provenienti dai

serbatoi artificiali. Nel primo caso il sovrasfruttamento della falda, che ha comportato l'infiltrazione di acqua marina, ha alterato soprattutto negli ultimi l'anni la qualità delle acque irrigue. Sugli effetti di accumulo di sali solubili nel suolo per questa area tuttavia mancano dei dati certi, sebbene si ritenga molto probabile che il processo di salinizzazione rappresenti un serio rischio. Gli effetti evidenti sulla salinizzazione del suolo, talvolta si manifestano in tempi lunghi ed in maniera poco evidente nel breve periodo. Resta il fatto comunque che l'innescò di questo fenomeno comporta una serie di alterazioni gravi al sistema suolo con tempi di recupero talvolta estremamente lunghi e diventando talvolta un processo irreversibile. Considerando la causa che sta portando all'arricchimento di sali solubili delle acque irrigue, ovvero l'infiltrazione di acqua marina, è da ritenere inoltre che esiste un serio rischio, nel tempo, di accumulo di sodio nel suolo, innescando il processo di sodicizzazione che è quello che provoca gli effetti più problematici. Come indicano le esperienze svolte in altre aree della Sicilia, dove gli effetti della salinità dei suoli per irrigazione mostrano da tempo la loro problematicità, l'utilizzo di acque con elevate concentrazioni di sali richiede un uso accurato delle stesse onde evitare l'instaurarsi di gravi fenomeni di degrado fisico, chimico e biologico dei suoli. È in questo contesto che si inseriscono le azioni di sviluppo che mirano alla ottimizzazione delle risorse irrigue con l'obiettivo di garantire lo sviluppo del comparto produttivo agricolo da una parte e, nello stesso tempo, di salvaguardare il suolo come risorsa limitata e non rinnovabile (se non in tempi lunghissimi).

In quest'ottica all'interno del progetto di ricerca finalizzato al PAL, è stato avviato un rilevamento pedologico per la redazione di una carta pedologica a scala 1:50,000 e per accertare lo stato dei suoli nei confronti della salinità.

2.1.3 Il Rilevamento pedologico

Sulla base degli obiettivi prefissati dal programma di ricerca, che mirano sia a fornire una visione integrata della realtà attuale sia alla programmazione di possibili interventi per lo sviluppo locale nell'ambito della lotta alla desertificazione,

si è reso necessario un rilevamento pedologico dei suoli a scala locale (1:50.000) più idoneo rispetto alla attuale cartografia esistente a livello regionale (in scala 1:250.000).

Il rilevamento pedologico è stato articolato in diverse fasi e programmato secondo una metodologia volta a conoscere sia la distribuzione spaziale dei suoli che a fornire un quadro conoscitivo basato principalmente sui diversi aspetti ambientali ed soprattutto sulle problematiche in atto o potenziali legate ai processi di desertificazione che interessano in suolo. Di seguito vengono illustrate le fasi relative alla metodologia adottata.

1) Indagini preliminari e fotointerpretazione

In questa prima fase di lavoro sono state raccolte tutte le informazioni esistenti in bibliografia, ritenute necessarie o utili per la conoscenza del territorio in esame e dell'ambiente in cui i suoli si sono formati ed evoluti.

In particolare è stato acquisito e/o consultato il seguente materiale di base:

- Carte topografiche di base in scala 1:50.000 e 1:25.000 dell'IGM e in scala 1:10.000 della CTR Regione Sicilia
- Modello Digitale del Terreno (100 m)
- Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000
- Ortofotocarte a colori IT_2000
- Carta dei Suoli della Sicilia in scala 1:250.000
- L'Atlante climatologico della Sicilia in versione Cdrom (2° edizione).
- L'Atlante del Rischio alla Desertificazione d'Italia
- La carta dei suoli dell'area di Castelvetro Est e le carte dei suoli relative all'area di Mazara del Vallo (in scala 1:25.000) edite dai Servizi Allo Sviluppo Agricolo nell'ambito del Programma operativo "Sviluppo della Divulgazione Agricola e delle Attività Connesse" Reg. 2052/88 ob. 1 mis. 4 - Progetto Carta Pedologica.

Il lavoro di fotointerpretazione, supportato dai documenti pedologici esistenti e dalle informazioni ricavate dalla cartografia geo-litologica e dell'uso del suolo, ha

consentito di suddividere il territorio in aree omogenee per morfologia e litologia (unità fisiografiche o pedopaesaggi).

La carta dei pedopaesaggi è stata la base su cui è stato impostato il lavoro di rilevamento pedologico ai fini della redazione della Carta dei Suoli.

2) Rilevamento pedologico

Tale attività ha avuto inizio con una serie di sopralluoghi per le dovute verifiche in campo dei pedopaesaggi e principalmente per una ricognizione generale sui principali fenomeni di degrado in atto a carico dei suoli nonché la verifica delle loro condizioni di vulnerabilità di eventuali processi che potrebbero verificarsi.

Dall'attività ricognitiva preliminare è emerso che i principali processi di degradazione che interessano o potrebbero interessare i suoli sono: l'erosione idrica ed eolica; processi di salinizzazione secondaria dovuta all'utilizzo di acque con contenuto elevato di sali; processi di antropizzazione spinta che si manifestano sia con l'intensa urbanizzazione che con pratiche agricole di trasformazione del suolo molto incisive.

Sulla scorta delle informazioni pedologiche bibliografiche e delle indagini preliminari è stata adottata una metodologia di rilevamento delle unità cartografiche, definita "libera", effettuando numerose osservazioni attraverso trivellazioni a mano opportunamente eseguite o anche in spacchi naturali del terreno.

È stata programmata inoltre una serie di trivellate a mano con la duplice finalità di riconoscere e caratterizzare i suoli presenti nell'area e di verificare contemporaneamente la presenza di suoli salini, suoli soggetti a processi intensi di erosione e suoli fortemente antropizzati o di origine antropica. Il campionamento, in questo caso è stato realizzato fissando un numero predefinito di osservazioni (trivellate) e distribuendole a priori nell'area di studio sulla base di alcuni criteri di ottimizzazione correlati anche ad alcune informazioni pregresse sul territorio.

Sono stati fissati 40 punti di osservazione come primo step per una ricognizione sufficientemente rappresentativa del territorio.

Il primo dei due criteri fondamentali per il posizionamento di questi punti è stato la considerazione della reale superficie campionabile. Tutta l'area, rappresentata con un grid di 100 m di risoluzione spaziale, sulla base della carta dell'uso del suolo è stata classificata in due tipologie:

- area campionabile
- area non campionabile, ovvero costituita da aree urbanizzate, aree di cava, aree occupate da acque superficiali.

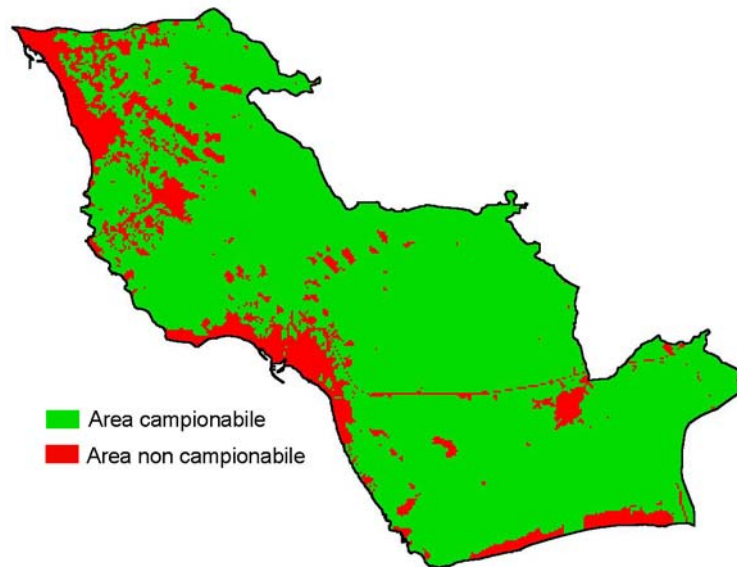


Fig. 31 – GRID dell'area riportante la superficie campionabile e non campionabile per il rilevamento pedologico.

Il secondo criterio fondamentale adottato, è stato la quello di ottenere una distribuzione casuale dei punti all'interno dell'area campionabile e, nello stesso tempo, quanto più uniforme possibile per garantire anche un maggiore grado di robustezza statistica nelle successive analisi spaziali.

Considerato che uno degli obiettivi principali che questo tipo di rilevamento avrebbe dovuto fornire è l'eventuale grado di salinità del suolo, principalmente riferito alla salinizzazione indotta dall'irrigazione, è stato fissato un altro criterio per l'ottimizzazione del campionamento che sfrutta una serie di informazioni spaziali derivate dall'Atlante del Rischio alla Desertificazione d'Italia. In particolare sono state estrapolate le aree irrigue e le aree definite a rischio di salinizzazione. Incrociando questi due livelli informativi è stata derivata una mappa di pesi

classificata secondo la matrice che segue, dove ogni valore esprime concettualmente la maggiore o la minore probabilità di rischio alla salinizzazione del suolo indotta dall'irrigazione:

	Aree non a rischio di salinizzazione	Aree a rischio di salinizzazione
Aree non irrigue	1	2
Aree irrigue	3	4

Tab. 3 – Matrice di attribuzione dei pesi delle aree a rischio di salinizzazione.

L'informazione spaziale anche in questo caso è stata rappresentata sempre su un grid di 100 m.

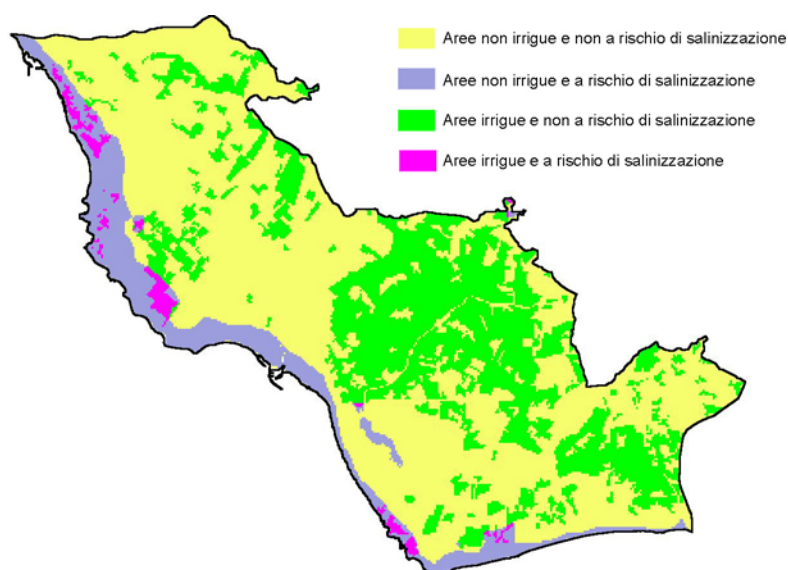


Fig. 32 – Mappa dei pesi utilizzata per l'ottimizzazione del campionamento.

Infine il posizionamento dei punti di campionamento è stato realizzato sfruttando l'algoritmo del *simulated annealing* basato sul parametro dell'inverso della distanza ricalcolato sui pesi attribuiti dalla mappa di probabilità di rischio alla salinizzazione. La figura 33 mostra il posizionamento dei punti di osservazione dello step di campionamento realizzato secondo i criteri di ottimizzazione prescelti.

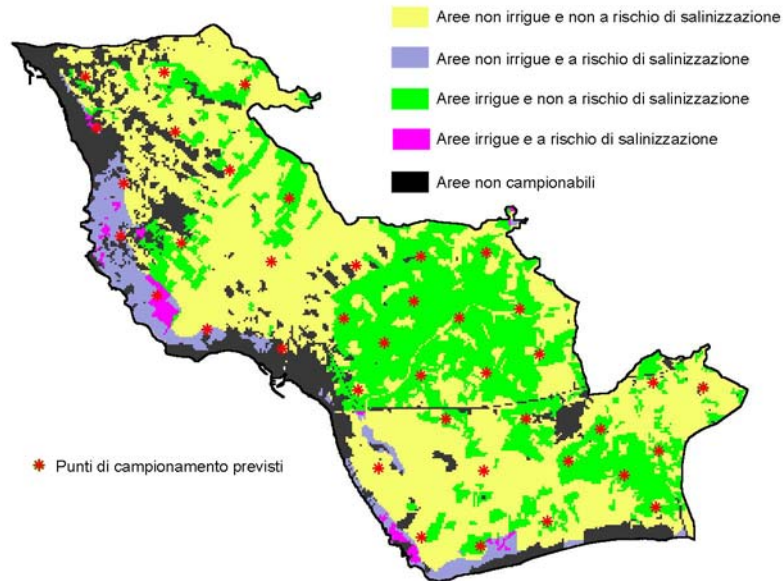


Fig. 33 – Mappa riportante il posizionamento dei 40 punti di osservazione pedologica previsti, ottenuti ottimizzando il campionamento con la tecnica del “simulated annealing”.

I punti di campionamento previsti sono stati in seguito verificati a video sull'ortofotocarta utilizzata per la fotointerpretazione nella redazione della carta dell'uso del suolo e riportati sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 ed implementati su un GPS da navigazione per l'attività di campo.

Sulla scorta di questi punti sono state realizzate le trivellate che a loro volta sono state georeferenziate con l'utilizzo di un ricevitore GPS a 12 canali e a doppia frequenza. Le coordinate delle osservazioni sono state ottenute dalla media delle coordinate, registrate per un tempo di almeno 20 minuti con un PDOP ottimale, con un errore di posizionamento stimato di più o meno 20 metri.

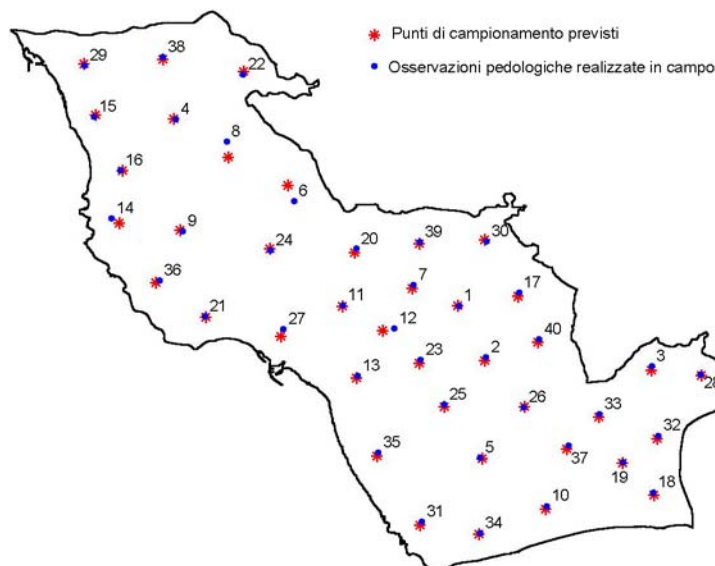


Fig. 34 – Mappa riportante la posizione dei 40 punti di osservazione previsti e quella dei punti realmente rilevati in campo.

La maggior parte dei discostamenti tra le coordinate dei punti previsti dal piano di campionamento e quelle rilevate dalle osservazioni effettuate in campo sono stati lievi ed imputabili ad errori del sistema di posizionamento. Alcuni punti tuttavia sono risultati inaccessibili in campo per varie cause. In tal caso si è cercato un punto prossimo che avesse le stesse caratteristiche pedologiche e di uso del suolo di quello previsto.

Per lo studio del suolo è stata utilizzata una trivella di tipo olandese con una possibilità di carotaggio fino a 1,20 metri di profondità. Ogni trivellata è stata descritta in campo utilizzando un'apposita scheda cartacea successivamente informatizzata in laboratorio. La campagna di rivelamento è stata effettuata in circa una settimana nel mese di febbraio 2007.

Per ogni osservazione sono state descritte alcune caratteristiche della stazione (l'uso del suolo, la vegetazione, la pendenza, l'esposizione, la litologia, gli aspetti superficiali, la fisiografia, la rocciosità e la pietrosità superficiale, l'erosione, il rischio di innondazione, il drenaggio esterno). La metodologia di descrizione della trivellata in campo è stata fatta secondo gli standard nazionali. Sono stati riconosciuti e descritti tutti gli orizzonti pedogenetici esplorati. Le caratteristiche descritte per ogni orizzonte pedogenetico sono: l'abbondanza, le dimensioni e le

forme dello scheletro; il tipo, l'abbondanza e le dimensioni di eventuali concentrazioni; l'effervescenza stimata con HCl al 10%; il colore allo stato asciutto ed umido; eventuali altre evidenze di tipo ambientale o utili per la classificazione del suolo.

Il suolo è stato campionato, laddove possibile, solo per i primi tre orizzonti pedogenetici partendo dalla superficie, o, nel caso di un suolo con solo uno o due orizzonti, per profondità prestabilite (0-20; 20-40; 40-60 cm).

I campioni di suolo sono stati collezionati, fatti essiccare all'aria e setacciati a 2 mm per le successive determinazioni analitiche di laboratorio.

Considerato che la finalità principale di questo tipo di rilevamento è quello di realizzare uno screening iniziale sulla eventuale presenza di suoli affetti da salinità, su ogni campione di suolo sono state effettuate le determinazioni della conducibilità elettrica dell'estratto ottenuto con un rapporto suolo-acqua di 1 a 5 ed il pH (rapporto suolo-acqua di 1:2,5). Oltre a questi due parametri, utilizzati come indicatori della salinità, sull'estratto acquoso del suolo 1:5 filtrato è stata fatta una prova qualitativa sul contenuto di solfati e cloruri.

Numero trivellata: 7
DATA: 21 febbraio 2007
Rilevatori: Giuseppe Lo Papa

Stazione Suolo Analisi
Coord Et: 293754 Coord N: 4173951

Use del suolo: vigneto irriguo
Vegetazione:

Altitudine: m.s.m. Pendenza: 3% Esposizione: S

Litologia del substrato: argille
Aspetti superficie arata sup.:

Fisiografia: piede di versante

Pietrosità superficiale: 5% diam. <7.5 cm; diam. 7.5-25 cm; 5 diam. >25 cm

Roccosità superficiale: % Erosione: erosione idrica diffusa Rischio di inondazi: moderato

Drenaggio esterno: impedito

Foto del paesaggio

NOTE:

Numero trivellata: 7
DATA: 21 febbraio 2007
Rilevatori: Giuseppe Lo Papa

Stazione Suolo Analisi
Coord Et: 293754 Coord N: 4173951

ORIZZONTE	LIMITI		Tessitura	Scheletro	CONCENTRAZIONI		EFFERVESC.
	Superiore	Inferiore			Abbond.	Dimens.	
Ap	0	20	LA	10	piccolo	spigoloso	violenta
Bw1	20	35	A	10	medio	spigoloso	notevole
Bw2	35	60	A	10	medio	spigoloso	debole
Bw3	60	95	A	5	piccolo		

COLORE

Umido
Secco

Ap 2.5Y 4/2 10YR 5/2
Bw1 5Y 5/3 2.5Y 4/2
Bw2 5Y 4/2 2.5Y 4/2
Bw3 5Y 3/1 10YR 4/1

NOTE PER ORIZZONTE

FOTO DELLA TRIVELLATA

ULTERIORI NOTE GENERALI
Typic o Vertic Haploxerept

Fig. 35 – Schermate del database realizzato per l'implementazione e l'archiviazione dei dati descrittivi di campo e di laboratorio relativi alle 40 osservazioni pedologiche.

I dati, sia rilevati in campo che di laboratorio, sono stati implementati e codificati all'interno di un database appositamente progettato. Tale database è stato inoltre interfacciato con il Sistema Informativo Geografico.

2.1.4 La carta dei Suoli

Il rilevamento di campagna, ha consentito la delimitazione di 224 delineazioni raggruppate in 16 unità cartografiche ed ha permesso di individuare i seguenti 4 Ordini di suoli secondo la classificazione internazionale della Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2006):

- 1) Entisuoli
- 2) Inceptisuoli
- 3) Vertisuoli
- 4) Alfisuoli

Entisuoli

Sono suoli a profilo A-C o Ap-C le cui caratteristiche sono date da una evoluzione ai primi stadi di sviluppo e da uno spessore variabile in dipendenza delle differenti situazioni morfologiche.

Nell'ambito di quest'Ordine, sono stati individuati due sottordini principali: il Sottordine dei Fluvents che comprende i suoli alluvionali recenti di origine fluviale, il Sottordine degli Orthents che comprende suoli poco profondi, poco differenziati e che poggiano direttamente sul materiale pedogenetico più o meno consolidato.

Il clima, di tipo mediterraneo, con estati calde e secche e inverni miti e piovosi, definisce un regime di umidità Xerico; di conseguenza, i suoli in questione, ricadono nel Grande Gruppo degli Xerofluvents e degli Xerorthents. Alcuni suoli sono stati classificati come Xeric Torriorthents a livello di Sottogruppo, indicando che il regime udometrico è in realtà una transizione tra quello Xerico e quello Torrico.

Fra gli Xerofluvents, a livello di Sottogruppo, si distinguono i Typic Xerofluvents dai Vertic Xerofluvents. I primi sono suoli profondi a tessitura tendenzialmente sciolta; nei secondi la tessitura tendenzialmente argillosa favorisce alcuni caratteri vertici,

rappresentati particolarmente da ampie e profonde crepacciature, evidenti nel periodo estivo.

Per i Typic Xerofluvents i caratteri principali sono dati da: elevata profondità; tessitura variabile dalla franco-argilloso- sabbiosa alla franco-sabbiosa; reazione sub-alcalina; contenuto di calcare totale medio; complesso di scambio saturo principalmente con calcio.

Per i Vertic Xerofluvents i caratteri salienti sono dati da: elevata profondità; tessitura franco-sabbioso-argillosa; reazione sub-alcalina; medio contenuto di calcare totale; buona capacità di scambio, saturata prevalentemente dal calcio; la quantità e soprattutto il tipo di argilla (smectitica) conferiscono a questi suoli caratteri vertici. Il substrato è costituito prevalentemente da alluvioni.

Fra gli Xerorthents, a livello di Sottogruppo si distinguono i Typic Xerorthents. Sono questi suoli poco profondi o superficiali; franco-argillosi o franco-sabbiosi; subalcalini; con contenuto in carbonati medio e, talora, elevato; da discreta a buona la capacità di scambio, saturata sempre dal calcio; generalmente scarsi i contenuti di cloruri e di solfati, ma non mancano esempi in cui abbondano. Talora compare la fase pietrosa o la fase erosa.

I Lithic Xerorthents mostrano caratteristiche molto simili ai precedenti e variabili a seconda del substrato su cui evolvono che ne influenza le caratteristiche principali. Evolvono su rocce dure e presentano un contatto litico entro 50 cm dalla superficie del suolo minerale.

Tra gli Entisuoli sono stati anche rinvenuti il Sottordine degli Arens, che sono suoli in cui la genesi è stata profondamente segnata da interventi agricoli ed antropici. È presente un solo Grande Gruppo (Xerorthents) all'interno del quale sono stati riconosciuti due Sottogruppi: Gli Haplic Xerarents e gli Alfic Xerarent. Questi suoli, oggi oggetto di revisione tassonomica, hanno una genesi antropica, e nel caso specifico derivano dall'azione di interventi più o meno incisivi da parte dell'uomo su suoli più o meno evoluti (appartenenti quindi anche ad altri Ordini) che ne sconvolge la naturale disposizione degli orizzonti e le principali caratteristiche. Nel caso in cui la naturale disposizione degli orizzonti pedogenetici viene annullata, ovvero che non sia possibile riconoscere in campo frammenti degli orizzonti

originari lungo il loro profilo i suoli sono classificati Haplic Xerarents. Nel caso invece di interventi meno incisivi e dove sia possibile riconoscere frammenti degli orizzonti originari per almeno il 3% in volume entro la profondità di un metro questi suoli riportano la denominazione a livello di Sottogruppo che può ricordare i suoli originari da cui derivano. Nel nostro caso gli Alfic Xerarents sono suoli originati dagli interventi antropici su Alfisuoli in cui è ancora possibile notare la presenza di frammenti dell'orizzonte argillico (Bt).

Altri Sottordini di Entisuoli che sono stati rinvenuti la cui genesi è legata a particolari ambienti morfologici sono gli Psamments, rappresentati dai Typic Xeropsamments, suoli sabbiosi che evolvono sulle dune costiere, e dagli Aquents, rappresentati dai Typic Psammaquents, ovvero suoli idromorfi evolventi su paludi sabbiose costiere con un regime aquico (il profilo di suolo è sommerso dalla falda per molti mesi dell'anno).

Inceptisuoli

Sono suoli a profilo A-B-C o Ap-B-C, che mostrano caratteri di evoluzione più spiccati rispetto agli Entisuoli e sono costituiti da materiale minerale più o meno alterato.

Il Sottordine è quello degli Xerepts che indica quegli Inceptisuoli che hanno un regime di umidità xerico.

I Grandi Gruppi rinvenuti sono gli Haploxerepts ed i Calcixerepts. Questi ultimi si distinguono dai precedenti per un evidente processo di accumulo di carbonati ("pedogenetici") lungo il profilo che dà origine ad un orizzonte definito calcico (Bk) il cui spessore e i limiti sono variabili in funzione principalmente dei fattori che determinano il movimento dell'acqua lungo il profilo.

A livello di Sottogruppo sono stati individuati i Typic Haploxerepts e i Vertic Haploxerepts che differiscono quasi esclusivamente per la presenza di caratteristiche vertiche presenti solo nei secondi. In prossimità degli affioramenti gessosi si ritrovano anche i Gypsic Haploxerepts che presentano un orizzonte By di accumulo di gesso secondario ("pedogenetico").

Gli Haploxerepts sono suoli mediamente profondi (circa 70 cm), più o meno argillosi, a reazione sub-alcalina, con contenuti moderati di calcare totale; presenti, in tracce, i sali solubili che comportano valori della conducibilità da molto bassa a moderata. Quando i tenori in sali solubili e in particolare di solfato di calcio aumentano, e i valori della conducibilità si innalzano, compare la fase moderatamente salina. I Gypsic Haploxerepts (suoli gessosi), che presentano grandi quantità di solfato di calcio, spesso localizzato nella parte più profonda del profilo, rientrano tra i suoli salini.

I Calcixerepts, presenti solo con il Sottogruppo dei Typic Calcixerepts, si differenziano dagli Haploxerepts per la profondità che risulta leggermente inferiore (circa 60 cm), per la tessitura che risulta di tipo franco-argillosa, per il contenuto di calcare totale molto elevato e per l'assenza di sali solubili. Il substrato è costituito da calcari bianchi, da calcari marnosi e da argille marnose.

Alfisuoli

Sono suoli a profilo Ap-Bt-C, caratterizzati da un orizzonte minerale di superficie il cui colore varia dal rossastro al brunastro.

Il Sottordine è quello degli Xerafbs, cioè Alfisuoli delle regioni a clima Mediterraneo. Il processo principale che caratterizza questi suoli è la lisciviazione che comporta una decarbonatazione dell'orizzonte superficiale e un trasporto di argilla che si accumula in un orizzonte illuviale definito per l'appunto "argillico" ed indicato con le lettere "Bt".

Sono stati rinvenuti due Grandi Gruppo: quello degli Haploxerafbs e quello dei Rhodoxerafbs. Quest'ultimi, che vengono definite "Terre Rosse" si differenziano dai primi per il colore rosso intenso e per lo spessore maggiore dell'orizzonte Bt che è sempre ben espresso.

I Typic Haploxerafbs e i Lithic Haploxerafbs sono caratterizzati da una profondità variabile fra i 40 e i 70 cm e da una tessitura di tipo franco-argilloso-sabbiosa nell'orizzonte di superficie e argilloso-sabbiosa nell'orizzonte sottostante. La reazione è neutra o sub-alcalina; il contenuto di calcare totale è nullo, ma diviene abbondante nell'orizzonte C; la capacità di scambio cationico è discreta.

Generalmente bassi i valori della conducibilità. Nei Lithic Haploxeralfs l'orizzonte C è estremamente ridotto o assente e la profondità non supera mai i 50 cm.

I Typic Rhodoxeralfs e i Lithic Rhodoxeralfs, molto rappresentati nell'area di studio, sono caratterizzati da un profilo di tipo Ap-Bt-C, con l'orizzonte A frequentemente poco spesso. Generalmente i Typic Rhodoxeralfs hanno un profilo troncato, a causa dell'erosione o delle lavorazioni agricole, e raggiungono profondità superiori al metro solo nelle zone di accumulo delle doline o in corrispondenza delle fenditure della roccia.

Gli Alfisuoli naturali, ormai quasi inesistenti nell'area, sono caratterizzati generalmente dall'assenza di sali solubili e carbonati lungo il profilo e da una tessitura argillosa, al contrario di quelli riscontrati nell'area che presentano carbonati anche in superficie ed una tessitura argilloso-sabbiosa a causa delle lavorazioni che spesso intaccano il substrato calcarenitico tenero rimescolandolo in tutto il profilo.

Vertisuoli

Sono suoli a profilo Ap-Bss-C, caratterizzati prevalentemente da una tessitura di tipo argilloso e che presentano ampie e profonde crepacciature nel periodo asciutto.

Il Sottordine è quello degli Xererts, cioè Vertisuoli in regime di umidità xerico.

A livello di Grande Gruppo sono stati distinti i Calcixererts, ovvero Vertisuoli con accumulo di carbonati secondari lungo al profilo che da origine ad un orizzonte calcico (Bk), gli Haploxerert ovvero i Vertisuoli che non hanno altre caratteristiche al di fuori dei caratteri tipici.

A livello di Sottogruppo tra i Calcixererts sono stati rilevati i Typic Calcixererts, tra gli Haploxerert sono stati individuati: i Typic Haploxererts di colore nero e bruno scuro, i Chromic Haploxererts, cioè Vertisuoli di colore grigio. Entrambi questi suoli rimangono caratterizzati da un profilo molto potente e da una tessitura argillosa. La reazione è sempre sub-alcalina. Il contenuto di calcare totale è su valori ottimali, mentre la capacità di scambio risulta elevata e quasi tutta saturata

da ioni calcio. Il substrato è costituito da alluvioni argillose o da formazioni argillose del miocene.

I Typic Haploxererts e i Chromic Haploxererts, si differenziano quindi esclusivamente per il fatto che i primi presentano un colore nero e si trovano su morfologie pianeggianti o tendenzialmente concave, mentre i secondi sono di colore grigio più o meno intenso e si rinvencono su morfologie pianeggianti o leggermente ondulate.

2.1.4.1 Commento alla legenda della carta dei Suoli

Ogni unità cartografica rilevata è definita da uno o più tipi pedologici, nelle stesse condizioni morfologiche, o strettamente consociati, rappresentanti di uno stesso paesaggio pedologico, comprensiva eventualmente di relative inclusioni di suoli differenti, difficili da potere delimitare anche a grande scala.

1. Lithic e/o Typic Xerorthents – Lithic e/o Typic Rhodoxeralfs – Alfic Xerarents

L'unità è composta da associazioni di suoli non cartografabili separatamente alla scala di rilevamento adottata e occupa complessivamente una superficie di 9.790 ha. È l'unità cartografica più estesa occupando circa il 25% dell'area al netto delle aree urbanizzate e dei corpi idrici. Ricade su morfologie tipiche dei terrazzi marini di natura calcarea con pendenze variabili da deboli a moderate, il paesaggio è caratterizzato da incisioni del terrazzo marino, con versanti convessi, ad erosione idrica diffusa. Il substrato pedogenetico è costituito da calcareniti poco cementate e depositi colluviali; questi suoli sono coltivati principalmente ad oliveto, vigneto, colture orticole in serra ed in pieno campo ed agrumeto. I Lithic ed i Typic Xerorthents, frammisti talvolta alla roccia affiorante, risentono molto nelle loro proprietà delle caratteristiche del substrato sul quale evolvono. Il concetto centrale di questi suoli è rappresentato da un suolo ai primi stadi di sviluppo che evolve su roccia dura avente caratteri chimici e fisici che risultano fortemente condizionate dal substrato. Presentano

un profilo di tipo A-R, la cui evoluzione è limitata principalmente dall'azione erosiva delle acque meteoriche. Nei Lithic Xerorthents, l'orizzonte A, poco differenziato, non supera mai i 20-30 cm. I Typic Xerorthents presentano caratteristiche molto simili ai precedenti, con la differenza che lo spessore del suolo supera i 50 cm, anche se difficilmente raggiunge profondità superiori a 70 cm. In questo caso spesso il suolo viene creato da interventi antropici che consistono in una scarificazione profonda con rippers che intaccano la roccia madre portando in superficie frammenti di varie dimensioni. A questa operazione segue una fine macinatura dei frammenti calcarenitici ed un profondo rimescolamento con il suolo. La trasformazione dei Lithic Xerorthents in Typic Xerorthents è quindi operata esclusivamente dall'uomo con l'intento di aumentare il franco di coltivazione. Dette trasformazioni coincidono per lo più con l'impianto di nuovi vigneti e oliveti. Il passaggio inverso invece, qualora presente, è dovuto a fenomeni di erosione idrica diffusa ed eolica che limitano lo spessore del suolo.

I Lithic e/o Typic Rhodoxeralfs (Terre Rosse) presentano tipicamente un profilo di Tipo A-Bt-C o A-Bt-R e sono presenti ormai quasi sporadicamente a testimonianza dei suoli naturali non coltivati che un tempo dovevano essere assai diffusi e che oggi invece sono quasi scomparsi poiché interessati dagli interventi antropici sopra descritti. È possibile infatti considerare come delle inclusioni all'interno dell'unità cartografica. La trasformazione di queste aree conduce ad una involuzione delle Terre Rosse verso Entisuoli xerici. Nel caso l'intervento si limiti alla sola scarificazione seguita eventualmente dallo spietramento, ovvero allontanando solo i frammenti calcarenitici grossolani e non effettuando il rimescolamento tramite macinatura, dalle Terre rosse si originano alcuni Entisuoli (classificabili come Alfic Xerarents) in cui sono riconoscibili ancora frammenti dell'orizzonte argillico (Bt) originario.

Da quanto sopra esposto è possibile affermare che l'unità cartografica comprende principalmente suoli che presentano una genesi antropica legata ad una pratica di trasformazione, ormai consolidata come prassi diffusa. I suoli che ne derivano (Entisuoli) presentano caratteristiche chimiche e fisiche molto simili

e diverse dai suoli originari (sia Entisuoli originari che Terre Rosse). Mostrano tessitura da sabbioso-franca a franca, o franco-argillosa (nel caso degli Alfici Xerarents), elevati contenuti in scheletro e calcare, capacità di scambio bassa e totalmente saturata da calcio. Scarso il contenuto in sostanza organica, il colore è variabile dal giallo al rossastro e molto bassa è la capacità di ritenzione idrica. La potenzialità agronomica di questi suoli è molto bassa ma si eleva se sottoposti a regime irriguo. La buona permeabilità di questi suoli rende le falde acquifere estremamente vulnerabili alla contaminazione in corrispondenza delle aree interessate da una agricoltura di tipo intensiva (orticoltura, floricoltura e vigneti specializzati).

2. Typic Xeropsamments

Questa unità cartografica racchiude aree di dune marine sabbiose che ormai per quasi la totalità sono state fortemente antropizzate. Buona parte di queste aree attualmente è stata interessata dalla urbanizzazione. L'unità cartografica si estende per circa 1.500 ettari rappresentando il 3,8% del territorio, in prossimità delle coste. I suoli di queste aree mostrano un profilo di tipo A-C o Ap-C, mediamente profondo, a tessitura sabbiosa, struttura a granuli singoli o raramente, nel caso vengano ammendati con composti organici, poliedrica subangolare fine di grado molto debole ed instabile poiché intensi sono i fenomeni di eremacausi cui è soggetta la sostanza organica sia per le alte temperature estive che per l'elevata porosità di questi suoli che accentua l'ossidazione della sostanza organica. Presentano una discreta dotazione in carbonati, reazione subalcanina, e basse riserve di minerali anche per la bassa capacità di scambio cationico che presentano. La loro bassa potenzialità agronomica e la loro posizione contigua al mare ha reso questi suoli estremamente vulnerabili alla urbanizzazione che in alcune zone non ha risparmiato neanche le aree naturali di alto valore paesaggistico. Laddove questi suoli sono utilizzati per l'agricoltura, per lo più agrumeti e oliveti, talvolta vengono trasformati con l'aggiunta di materiale terroso a tessitura più argillosa

in superficie in modo da garantire un franco di coltivazione con una maggiore ritenzione idrica.

3. Typic Psammaquents

Questa unità cartografica, che ricopre una superficie molto modesta (240 ha circa), si trova localizzata nelle aree costiere a Nord di Mazara del Vallo, presso Capo Feto. Si tratta di suoli sabbiosi assimilabili a quelli evolventi su dune sabbiose dai quali si differenziano per avere un regime udometrico di tipo aquico. Dal punto vista geomorfologico infatti occupano depressioni nelle vicinanze del mare e per cui la falda spesso raggiunge per buona parte dell'anno la superficie del suolo. Presentano profilo di tipo A-C con uno spesso da medio ad elevato ed una tessitura molto sciolta. Rappresentano i tipici suoli delle aree paludose marine con una riconosciuta valenza ambientale. Spesso in superficie mostrano un orizzonte organico poco decomposto costituito da depositi di alghe marine.

4. Typic e/o Vertic Xerofluvents

Comprende due tipologie di suoli in stretta consociazione estese complessivamente 2.880 ettari (pari a poco più del 7%) e localizzate in prossimità dei fiumi principali (Mazarò, Arena e Modione). La morfologia è costituita da piane alluvionali e da un singolo ordine di terrazzi. Gli usi prevalenti sono il vigneto, l'oliveto e il seminativo irriguo. Gran parte delle loro caratteristiche, come la loro evoluzione, la loro tessitura ed il grado di alterazione risultano fortemente condizionate dalla composizione mineralogica e dalle dimensioni degli elementi che costituiscono le alluvioni. I suoli presenti in questa unità sono caratterizzati da elevata profondità, tessitura franco-argillosa o argillosa e pH fortemente alcalino. Il drenaggio è lento, con riserva idrica elevata, e la capacità di scambio cationico medio alta; talvolta sono fortemente calcarei e dove i contenuti di argilla sono elevati presentano caratteri vertici. Nelle aree in prossimità delle aste fluviali, laddove la pendenza è quasi nulla e dove i depositi che hanno dato origine al suolo sono piuttosto

argillosi si osservano, nei periodi di pioggia di elevata intensità, fenomeni di allagamento superficiale dovuta alla bassa conducibilità idraulica di questi suoli per la presenza lungo il profilo di orizzonti a tessitura argillosa e con struttura massiva. Questi fenomeni sono i responsabili di processi di pseudogleificazione e possono anche dare origine anche ad una fase salina del suolo in quanto la presenza di orizzonti impermeabili o poco permeabili impedisce il processo di lisciviazione. La presenza e l'accumulo di sali, che possono anche essere indotti con l'irrigazione con acque salmastre oltre che da eventuali alluvioni, si manifesta anche in superficie nel periodo estivo in seguito alla risalita capillare di acqua dagli orizzonti più profondi. Per quanto riguarda gli aspetti legati alla salinizzazione tali suoli sono infatti tra i più vulnerabili.

5. Typic Calcixerepts e Typic Xerorthents

Questa unità è costituita da due tipologie di suoli spesso in consociazione, complessivamente estesa circa 2.930 ettari. Si rinvencono su morfologie collinari caratterizzate da forme arrotondate e da pendii sovente molto inclinati. Il substrato pedogenetico è sovente costituito da argille o argille sabbiose. I Typic Xerorthents presentano un profilo di tipo A-C se non coltivati, o di tipo Ap-C se coltivati il cui uso prevalente è rappresentato da oliveto e vigneto. I sono moderatamente profondi, debolmente calcarei in superficie e fortemente calcarei in profondità, sub-alcalini, ben drenati, con riserva idrica elevata se la tessitura è franco argillosa mentre hanno una riserva idrica molto bassa se presentano uno spessore molto scarso ed una tessitura franco-sabbiosa. Ai Typic Calcixerepts, presenti principalmente nei pendii collinari lievi o moderati, fanno capo suoli con profilo del tipo Ap-Bk-C (con un B calcico caratterizzato da concrezioni di carbonati di origine secondaria), mediamente profondo, con reazione sub-alcalina e contenuti elevati di carbonati. Il loro grado di argillosità si aggira intorno al 25% e sono discretamente provvisti di sostanza organica e moderatamente dotati in elementi nutritivi.

6. Typic e/o Chromic Haploxererts

Questa unità occupa tratti del territorio in esame, su litologie argillose, con morfologie prevalentemente vallive e in qualche caso collinari con pendii dolci, per un'estensione complessiva di circa 850 ettari.

I suoli manifestano un colore variabile dal grigio più o meno scuro fino al bruno grigiastro e caratteri vertici fortemente espressi.

La loro principale caratteristica è rappresentata dal fenomeno del rimescolamento dovuto alla natura dell'argilla, il cui reticolo cristallino si espande e si contrae, con l'alternarsi rispettivamente di periodi umidi e dei periodi asciutti. Nel periodo estivo sono caratterizzati sia dalla presenza di crepacciature che talvolta possono raggiungere anche il metro di profondità e la larghezza in superficie anche di 10-15 cm, che dallo strato tipico di self-mulching. Buona parte delle caratteristiche chimiche e fisiche, piuttosto uniformi lungo il profilo, sono caratterizzate dalla presenza di argilla che spesso supera valori del 50%. Il profilo è di tipo Ap-Bss-C (con un orizzonte B dove sono presenti le caratteristiche facce di scivolamento e di pressione ("slicken-sides"). La sostanza organica, anche se presente in modeste quantità, è sempre ben unificata e fortemente legata all'argilla e conferisce in superficie la struttura granulare ed il colore scuro. La dotazione di elementi nutritivi è discreta, la reazione quasi sempre sub-alcalina. La capacità di ritenzione idrica è sempre elevata e riescono a mantenersi freschi più a lungo. Questi suoli, per le loro caratteristiche di bassa permeabilità degli orizzonti, nei pendii più accentuati sono piuttosto vulnerabili all'erosione idrica. Inoltre la presenza di substrati argillosi impermeabili sui quali evolvono, li rendono anche molto vulnerabili all'accumulo di sali lungo il profilo e pertanto a rischio di salinizzazione.

7. Vertic Haploxerepts

Quest'unità è strettamente legata alla precedente in quanto costituisce l'elemento prossimo superiore della catena dei suoli che si rinviene nei paesaggi collinari e vallivi argillosi di quest'area. Complessivamente è estesa 1.860 ha. Dal punto di vista morfologico si tratta di versanti con pendenza da moderata a forte ed erosione idrica diffusa ed incanalata di intensità da

moderata a forte. L'uso prevalente è il vigneto, seguito dall'oliveto e dal seminativo. Il substrato pedogenetico è costituito da argille marnose; la tessitura è argillosa con una forte componente montmorillonitica che tende a far crepacciare i suoli durante il periodo estivo. La riserva idrica è elevata, sono calcarei, la reazione è moderatamente alcalina e la capacità di scambio cationica risulta medio-alta. Il profilo tipico è di tipo Ap-Bw-C con uno spessore variabile da 70 cm fino ad oltre un metro.

8. Xeric Torriorthents – Rock outcrop

Questa unità, seconda per estensione (5.100 ettari circa pari al 13% dell'intera area) ricade in quei tratti di territorio localmente definiti “sciare”, termine di derivazione araba che indica un paesaggio arido e desolato, quasi privo di vegetazione. La morfologia è pianeggiante o sub-pianeggiante. La vegetazione, per l'aridità del paesaggio o per i forti venti di scirocco che contribuiscono ad aumentare l'aridità ed erodono in superficie, è di tipo erbaceo pionieristico, con palme nana ed arbusti tipici della macchia a palma (lentisco e *Phyllirea* principalmente).

Accanto alla roccia affiorante, costituita dagli affioramenti del crostone calcarenitici, substrato tipico per questa associazione, compaiono gli Xeric Torriorthents, le cui caratteristiche sono date da uno spessore molto modesto (mediamente 10-15 cm) e da una tessitura variabile intorno alla franco-argillosa-sabbiosa. La struttura di tipo poliedrico, è debole e poco stabile anche in virtù degli accentuati fenomeni di eremacausi che mineralizzano i già scarsi contenuti di sostanza organica di questi suoli. La reazione è generalmente neutra, il contenuto di calcare è scarso o nullo. Gli elementi della fertilità sono generalmente carenti. Il colore è tipicamente rosso più o meno intenso. In ristrette aree di dolina spesso il suolo ha uno spessore maggiore ed in tal caso presenta le caratteristiche di una Terra rossa tipica (Typic Rhodoxeralfs). Questi suoli presentano un valore paesaggistico ed ambientalistico di notevole importanza ed andrebbero salvaguardati. Purtroppo vaste sue porzioni sono ormai ridotte al rango di pubblica discarica (con problematiche di

contaminazione del suolo e soprattutto delle falde) ed alcuni tratti sono stati rimboschiti con eucalitti o pini, specie esotiche e completamente inopportune per questo ambiente. Negli ultimi anni inoltre buona parte di questi suoli è stata soggetta alla trasformazione da parte degli agricoltori per l'impianto di colture orticole e florovivaicole in serra o in pieno campo. I suoli che ne sono derivati, vista l'estensione delle aree coinvolte e vista la genesi di tipo esclusivamente antropica, sono stati cartografati come una unità specifica (Unità 15).

9. Typic e/o Lithic Haploxerepts

Comprende suoli che occupano una superficie di circa 1.270 ettari a Ovest di Mazara del Vallo. Questi suoli si rinvencono su morfologie poco o mediamente accidentate. I substrati su cui evolvono sono principalmente calcareniti compatte e dure. La differenza principale tra questi suoli è lo spessore del suolo che nei Lithic è sempre inferiore ai 50 cm. Frequentemente si rinviene anche una fase scheletrica o pietrosa di questi suoli. La tessitura e franco-argillosa moderati i contenuti in elementi di fertilità chimica e di sostanza organica. I Suoli mostrano un profilo di Typo A-Bw-C-R. Gli usi prevalenti sono il vigneto e l'oliveto ed il seminativo semplice.

10. Typic Haploxererts e/o Typic Calcixererts

Questa unità cartografica estesa circa 1.600 ettari comprende suoli che per caratteristiche si avvicinano molto a quelle della unità cartografica 6. Dal punto di vista morfologico si rinvencono nelle aree di raccordo delle colline argillose con le pianure alluvionali, colluvium su calcareniti, argille. I Typic Calcixererts si distinguono dagli altri vertisuoli per avere un orizzonte calcico (Bk o spesso Bkss) entro i 100 cm dalla superficie del suolo minerale. Le caratteristiche sono comunque molto simili come altrettanto simili sono le problematiche legate ai processi di degradazione.

11. Typic e/o Lithic Rhodoxeralfs

L'unità è costituita da due principali tipologie di suoli in consociazione differenziatisi esclusivamente per la profondità. Nel caso dei Lithic Rhoxeralfs infatti si ha un contatto litico entro 50 cm dalla superficie del suolo minerale (generalmente intorno a 40 cm). È distribuita nella zona meridionale dell'area. La superficie complessiva è di circa 3.590 ettari pari a circa il 9% del totale. Il substrato pedologico è costituito da calcareniti. Il paesaggio è caratterizzato da superfici pianeggianti o a debole pendenza che degradano verso il mare. L'uso del suolo prevalente è costituito dall'oliveto, dal vigneto e dall'agrumeto.

I Suoli sono da moderatamente profondi a profondi, a tessitura franco sabbiosa in superficie e franco argillosa in profondità, pH intorno ad 8, sono ben drenati e con riserva idrica elevata; la capacità di scambio cationico è media, presentano carbonati in superficie, mentre in profondità sono non calcarei, la salinità e sodicità sono generalmente assenti. Sono caratterizzati dalla presenza di un orizzonte argillico (Bt) di colore rosso scuro (2,5YR3/6), riscontrabile generalmente a circa 30-50 cm dalla superficie. Generalmente il profilo tipo è Ap-Bt-R. Spesso presentano un orizzonte C di pochi centimetri che deriva dall'alterazione della roccia madre calcarenitica. I suoli meno profondi talvolta sono interessati a trasformazione tramite rippatura che in alcuni casi, intaccando il substrato duro e se seguita da un'aratura profonda, può essere incisiva al punto tale da originare suoli classificabili come Haplic Xerarents.

12. Typic e/o Lithic Haploxeralfs

Unità cartografica comprendente suoli con caratteristiche molto simili ai suoli dell'unità precedente. Differiscono principalmente per il colore, che invece di essere rosso è bruno o bruno rossastro. È estesa circa 2.850 ha pari a poco più del 7%. In alcune aree molto ridotte la presenza di una falda temporanea che risale durante il periodo invernale crea delle condizioni tali per cui i suoli presentano condizioni di tipo acquico per alcuni periodi, fenomeno evidenziato dalla presenza negli orizzonti più profondi di screziature derivanti da fenomeni temporanei di riduzione. In tal caso questi suoli vengono classificati come

Acquic Haploxeralfs. Tuttavia la relativamente poca area occupata e frammentazione non permette di cartografare quest'ultimi separatamente come unità a se stante.

13. Typic Haploxerepts e/o Typic Calcixerepts

L'unità occupa complessivamente una superficie di circa 360 ettari localizzati esclusivamente nella parte più meridionale dell'area. Il profilo tipo è Ap-Bw-C nel caso dei Typic Haploxerepts e Ap-Bk-C nel caso dei Typic Calcixerepts. Questi ultimi si sviluppano su substrati costituiti da sabbie calcaree; il paesaggio è caratterizzato da superfici da pianeggianti a debolmente pendenti; l'uso principale è costituito dall'oliveto, seguito dal vigneto. Sono caratterizzati da un'elevata presenza di calcare lungo tutto il profilo. La morfologia è caratterizzata da versanti convessi, crinali arrotondati e zone sommitali ad erosione idrica diffusa ed incanalata moderata. Le colture prevalenti sono il vigneto e l'oliveto. I suoli presenti sono caratterizzati da una tessitura superficiale franco-limoso che diventa franco-argillosa in profondità nonché dalla presenza di un orizzonte calcico a circa 55 cm. Sono fortemente calcarei lungo tutto il profilo, moderatamente alcalini, ben drenati e con una riserva idrica moderata.

I Typic Haploxerept si sono evoluti su depositi colluviali ed alluvionali. Si riscontrano nei fondivalle concavi, caratterizzati da processi di alluvium e colluvium, con erosione assente. Sono a tessitura media e franco-sabbiosa, sono debolmente calcarei, con pH moderatamente alcalino; la capacità di scambio cationico è alta, la riserva idrica è elevata.

14. Typic Haploxeralfs - Typic Haploxerepts – Typic Xerorthents

Questa unità si rinviene in prossimità del centro abitato di Campobello di Mazara ed è estesa circa 2.650 ettari, rappresentando il 7% dell'area in esame. I suoli sono rappresentati principalmente dai Typic Haploxeralfs, o suoli bruni lisciviati, che mostrano le stesse caratteristiche dei suoli appartenenti all'unità

12. Tuttavia questi suoli rinvenendosi in aree più accidentate e più soggette all'erosione idrica presentano spesso un profilo tronco della parte superiore e laddove i fenomeni erosivi sono intensi o in prossimità delle morfologie convesse i suoli vengono classificati come Haploxerepts o addirittura come Entisuoli xerici per il ridotto spessore e l'assenza di orizzonti diagnostici. Il substrato è di tipo calcarenitico, i suoli sono coltivati principalmente ad oliveto, vigneto e più raramente ad agrumeto. In corrispondenza dei suoli più sottili (Xerorthents) l'utilizzo principale è il seminativo semplice. Talvolta questi suoli sono soggetti a trasformazione antropica per aumentare il franco di coltivazione per l'impianto di colture arboree specializzate.

15. Typic e/o Lithic Xerorthents – Haplic Xerarents

In questa unità, estesa 1.220 ettari, sono inclusi tutti quei suoli di origine antropica che derivano dalla comune pratica di trasformazione delle cosiddette “sciare” in suoli produttivi agricoli. La trasformazione viene eseguita in più fasi. La prima prevede una scarificazione profonda con rippers che intaccano la roccia madre portando in superficie frammenti di varie dimensioni. A questa operazione segue una fine macinatura dei frammenti calcarenitici ed un profondo rimescolamento con il suolo. Queste operazioni di scasso e macinazione del substrato calcareo incrementano molto spesso il livello di calcare totale ed attivo, considerando che la matrice del suolo originario ne è quasi priva. Le aree soggette a tali trasformazioni sono utilizzate per le colture orticole sia in serra che in pieno campo, floro-vivaicole in serra e colture ornamentali in pieno campo (palme, cycas). Questi suoli hanno generalmente una tessitura variabile da sabbioso-franca a franca, o franco-argillosa (nel caso in cui la quantità di suolo originario era maggiore), elevati contenuti in scheletro e calcare, capacità di scambio bassa e totalmente saturata da calcio. Molto scarso il contenuto in sostanza organica, il colore è variabile dal giallo al rossastro e molto bassa è la capacità di ritenzione idrica. Più che veri e propri suoli, sono considerati come substrati colturali per un tipo di agricoltura di tipo intensiva.

16. Typic e/o Vertic e/o Gypsic Haploxerepts

Si tratta di suoli che si estendono per quasi 760 ettari a Nord-Ovest della città di Mazara. Evolvono su argille marnose talvolta sovrastate da gessi o calcari duri. Il profilo è di tipo Ap-Bw-C. Laddove le argille sono sovrastate da affioramenti gessosi, che occupano la posizione sommitale del pendio, tali suoli sono interessati da fenomeni di accumulo di gesso secondario lungo il profilo che talvolta a circa 80 cm da origine ad un vero e proprio By (orizzonte gypico). Il gesso ha origine dai sovrastanti affioramenti gessosi ed in seguito alla dissoluzione e trasporto da parte delle acque meteoriche si accumula in questi suoli riprecipitando e dando origine talvolta a concrezioni cristalline di diversi millimetri. In tal caso si parla di salinità naturale da gesso. Le colture prevalenti sono il vigneto e l'oliveto, ma nelle zone più accidentate si rinviene anche il seminativo semplice e l'incolto. Sono suoli mediamente profondi, a tessitura franco-limoso-argillosa in superficie, con pH variabile dall'alcalino a sub-alcalino; la capacità di scambio cationico è alta, modesto il contenuto di sostanza organica. Si presentano scarsamente drenati, con riserva idrica buona e fortemente calcarei; la salinità, escluso i suoli già affetti da gesso, e la sodicità sono trascurabili, ma per le loro caratteristiche sono piuttosto vulnerabili nel caso di pratiche irrigue con acqua di scarsa qualità. Presentano spesso caratteri vertici più o meno ben espressi.

2.1.5 Le aree vulnerabili e a rischio di salinizzazione

I dati analitici relativi alla conducibilità elettrica ed al pH sono stati elaborati per la produzione di mappe interpolate. L'analisi spaziale è stata effettuata separatamente per i tre orizzonti superficiali. Dopo aver verificato l'inapplicabilità di tecniche geostatistiche attraverso una prima analisi variografica, (dovuto principalmente ad un numero insufficiente di punti) si è utilizzato un'interpolatore basato sull'inverso della distanza pesata al quadrato. Le mappe ottenute sono state rappresentate con un GRID di 100 metri.

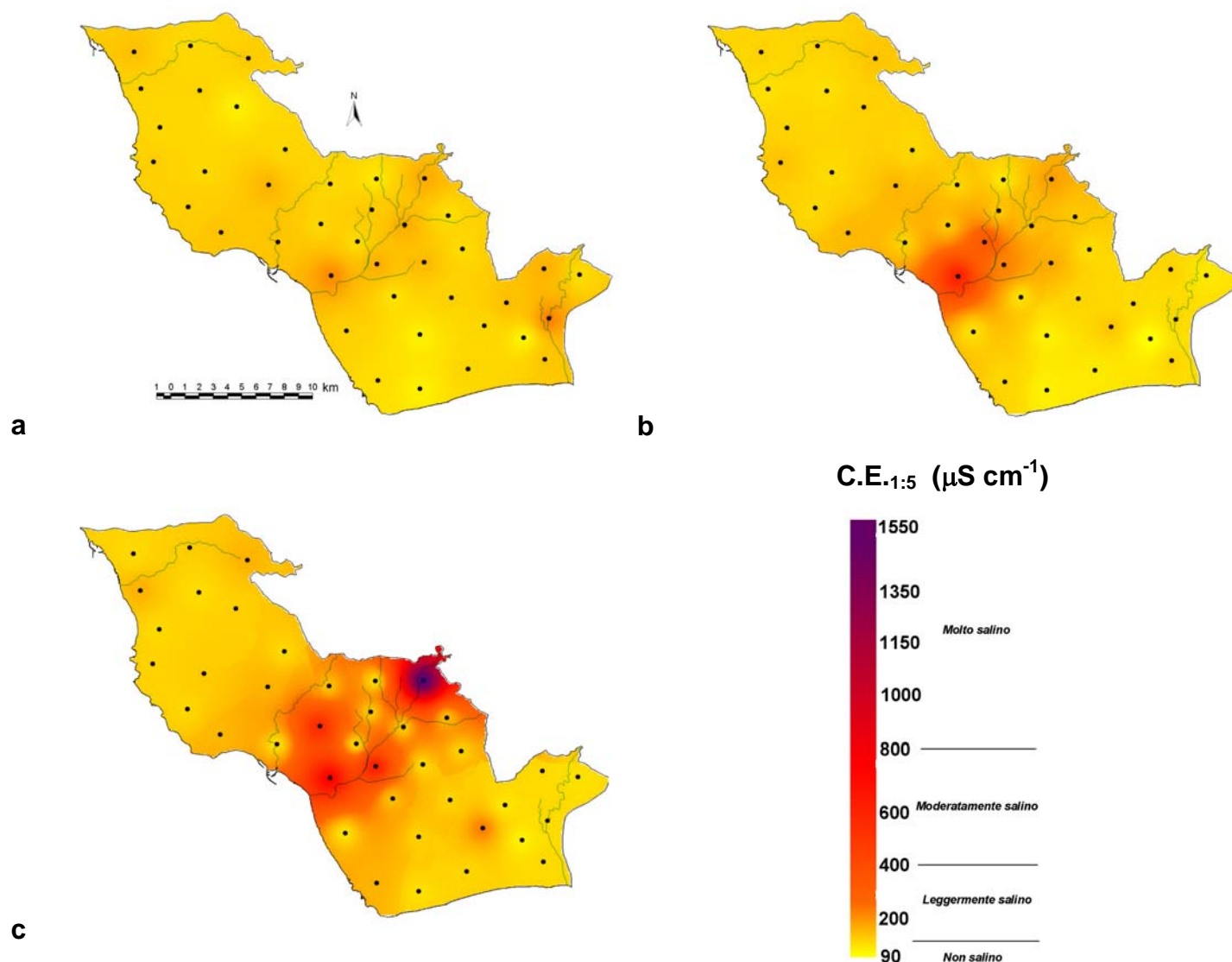


Fig. 36 – Mappe della conducibilità elettrica del suolo relative al primo (a) secondo (b) e terzo (c) orizzonte.

Le indicazioni relative al grado di salinità del suolo sono state ottenute classificando i valori di alla C.E._{1:5} secondo il sistema, riportato di seguito, diffuso del USDA Soil Salinity Laboratory Staff:

Classe di C.E. _{1:5} $\mu S\ cm^{-1}$	Classifica
< 150	Non salino
150 – 400	<i>Leggermente salino</i>
400 – 800	<i>Moderatamente salino</i>
800 - 2000	<i>Molto salino</i>
>2000	<i>Estremamente salino</i>

Le mappe della conducibilità elettrica indicano che, relativamente al primo orizzonte (profondo mediamente fino 20 cm), i suoli presentano relativamente bassi contenuti di sali solubili. Solo in pochi casi sono stati riscontrati valori superiori a $300 \mu\text{S cm}^{-1}$ e comunque inferiori al valore soglia dei $400 \mu\text{S cm}^{-1}$. Per tanto tali orizzonti sono da classificare come non salini, tranne in qualche caso classificabili come leggermente salini.

Considerando il secondo orizzonte del suolo (ovvero lo strato di suolo mediamente compreso da 20 a 40 cm di profondità), la corrispondente mappa della conducibilità elettrica indica chiaramente alcune zone ben distinguibili, localizzate in direzione nord-est dal centro abitato di Mazara del Vallo con valori che raggiungono il massimo di $750 \mu\text{S cm}^{-1}$. In queste aree gli orizzonti sono classificabili come moderatamente salini.

Relativamente al terzo orizzonte del suolo (mediamente profondo da 40 a 70 cm), la corrispondente mappa della conducibilità elettrica mostra lo stesso pattern di variabilità riscontrata nella precedente, ma in questo caso i valori si innalzano leggermente fino a superare la soglia limite degli $800 \mu\text{S cm}^{-1}$, indicando che in questi suoli negli orizzonti di profondità si accumulano sali solubili in elevate quantità tali da poterli classificare da moderatamente salini a molto salini. In un punto estremo (la trivellata n. 30) la conducibilità raggiunge valori di poco superiori a $1.500 \mu\text{S cm}^{-1}$. In questo caso, come indica anche il valore di pH corrispondente che vicino alla neutralità, e come confermano le analisi qualitative sui solfati, è presente un orizzonte gypsico che è stato verificato anche in campo per la presenza di concrezioni di gesso sotto forma di cristalli di 2-3- mm di dimensioni. Come spiegato in presenza l'origine di tale salinità è di origine naturale per la presenza di affioramenti gessosi sovrastanti che rappresentano la sorgente da cui si origina il gesso che si accumula in questi suoli.

Le prove qualitative di laboratorio sugli estratti acquosi di tutti i campioni di suolo, indicano la presenza sia di solfati che di cloruri (ad eccezione del punto n. 30 dove sono presenti solo solfati in grande quantità), con una predominanza dei primi rispetto ai secondi.

Le mappe di pH, riportate di seguito, che mostrano che i valori a tutte le profondità rientrano nel range classificabile come subalcalino, indicano che non esistono suoli sodici (in tal caso infatti il pH dovrebbe superare il valore di 8,5). Ciò non esclude comunque la possibilità che possano essere presenti suoli moderatamente salino-sodici.

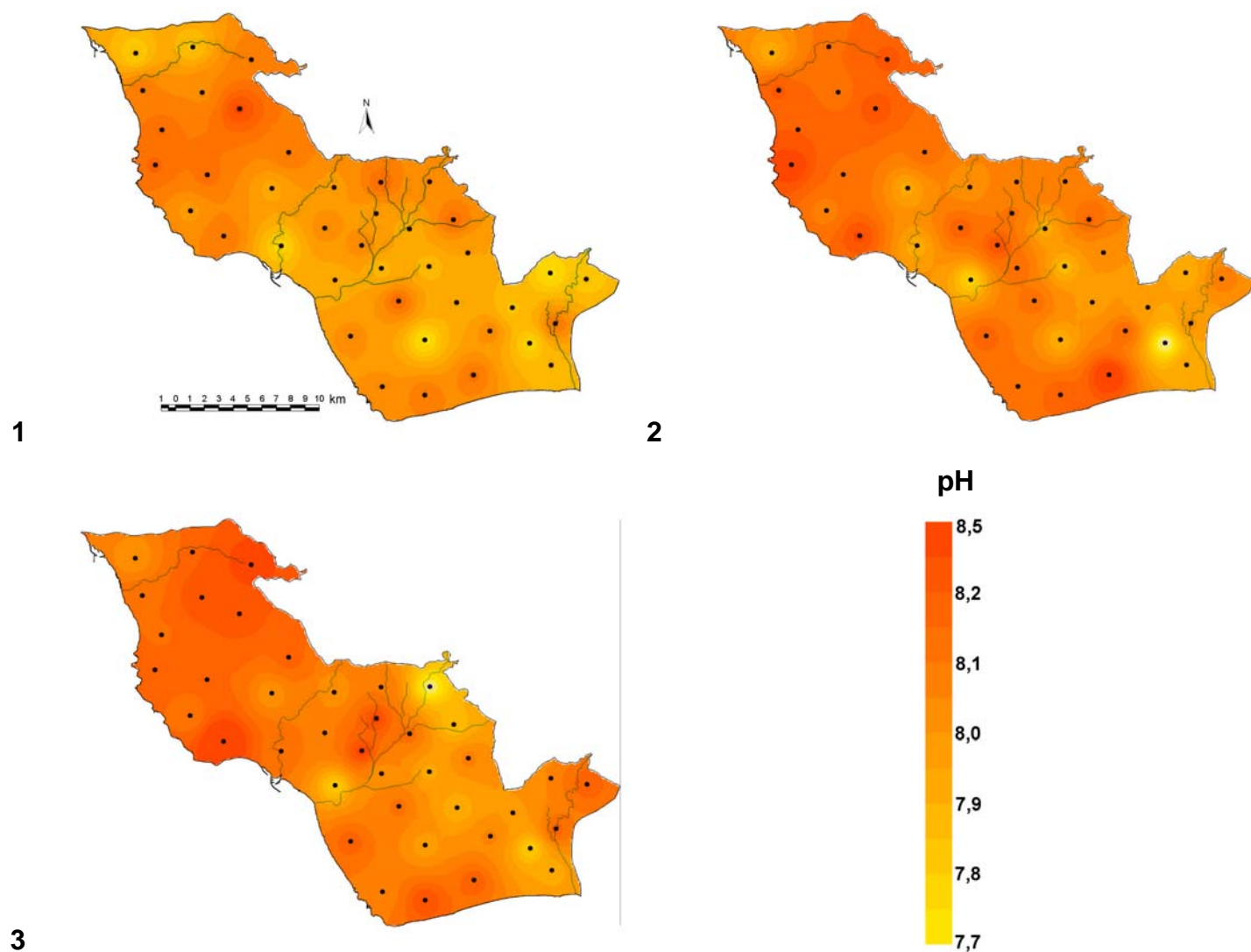


Fig. 37 – Mappe del pH del suolo relative al primo (a) secondo (b) e terzo (c) orizzonte.

Sulla base dei risultati ottenuti e sulla base della carta dei suoli è stato possibile enucleare le aree maggiormente sensibili al processo di salinizzazione.

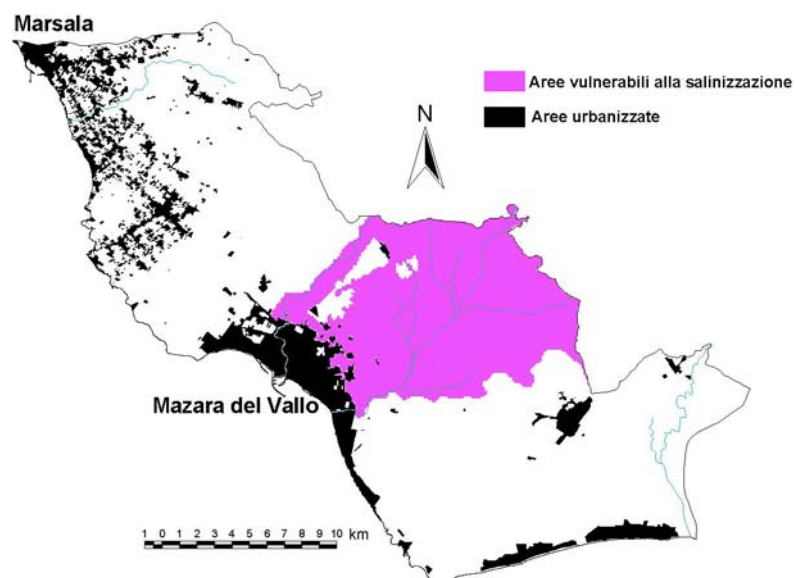


Fig. 38 – Mappa riportante le aree vulnerabili alla salinizzazione ottenuta dalle indicazioni della carta dell'uso del suolo, la carta pedologica e le mappe della conducibilità elettrica.

La superficie dell'area attualmente vulnerabile alla salinizzazione è localizzata nella parte nord orientale della città di Mazara in corrispondenza del fiume Delia e dei suoi affluenti. L'area stimata è di circa 10.000 ettari. Le unità cartografiche maggiormente coinvolte in questo processo sono la n. 4, 5, 6, 7, 9, 10, 16. I suoli che si rinvenivano in queste unità e più vulnerabili, per le loro caratteristiche precedentemente evidenziate, sono: i Typic o Vertic Xerofluvents; i Typic Calcixerepts, i Typic o Chromic Haploxerepts, i Typic Calcixerepts, i Vertic o Typic o i Gypsic Haploxerepts. Questi suoli infatti presentano spesso una morfologia pianeggiante e sub-pianeggiante, una tessitura variabile da franco-argillosa ad argillosa, una ritenzione idrica medio-elevata ed un drenaggio interno spesso deficitario per la presenza di orizzonti in profondità molto poco permeabili che impediscono la lisciviazione dei sali in eccesso.

Dette aree, come si vede dalla figura 38 coincidono verosimilmente con le aree sottoposte a regime irriguo. Ciò non esclude, ma anzi avvalorava, che, tralasciando le aree dove si rinvenivano i Gypsic Haploxerepts, affetti da salinità naturale da gesso, e l'eventuale ridotta salinità costituzionale della tipologia di substrato, ci possa essere attualmente una diretta relazione tra irrigazione e salinizzazione del suolo.

La pericolosità del processo di salinizzazione in queste aree sarebbe legato quindi strettamente alla qualità delle acque utilizzate per l'irrigazione.

2.1.6 Situazione quali-quantitativa delle acque sotterranee

Sulle acque sotterranee sono state svolte delle indagini dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Palermo ai fini di redigere il Piano di Tutela delle acque della Regione Siciliana, per il quale era richiesta la caratterizzazione degli acquiferi significativi.

Nell'area in studio sono stati individuati due bacini idrogeologici:

- Piana di Marsala – Mazara del Vallo
- Piana di Castelvetro – Campobello di Mazara

in ognuno dei quali è presente un corpo idrico significativo. La campagna analitica si è svolta in due fasi, rispettivamente nel 2004 e nel 2005. Nella fase 1 sono stati individuati per i due bacini rispettivamente 27 e 21 punti di campionamento, mentre nella seconda fase tali punti sono stati ridotti a 18 e 13.

Dalle analisi effettuate è emerso che le acque sono classificabili prevalentemente come cloro-solfato-alcalino terrose, riflettendo l'interazione con le rocce evaporitiche caratterizzanti i bacini. Per questo il contenuto di calcio si presenta piuttosto elevato e la durezza media dell'area supera i 467 mg/l (come CaCO_3) con valori superiori nell'area della piana di Marsala – Mazara del Vallo.

Il contenuto in sodio e cloro è mediamente elevato in tutta l'area e questo può essere dovuto a due processi:

- l'interazione tra le acque circolanti e le rocce che costituiscono l'acquifero,
- una possibile intrusione di acqua di mare in falda.

Si riportano di seguito (figure 40, 41 e 42) le carte di spazializzazione relative ai parametri conducibilità, cloro e sodio per l'area in esame e derivate dalla campagna analitica del 2005. Si omettono quelle relative alla campagna del 2004 poiché erano presenti dei punti di prelievo che sono stati ritenuti poco rappresentativi o significativi.

Dall'analisi delle caratteristiche geochimiche riscontrate per i due corpi idrici presi in esame, il contributo di acqua di mare alla presenza di sali non è significativo nel bacino di Castelvetro – Campobello di Mazara, mentre assume maggiore importanza nel bacino di Marsala – Mazara del Vallo. Questo è in parte riscontrabile dalle carte sopra riportate, in cui si nota che i valori di conducibilità e cloro si presentano più elevati nella zona costiera a nord di Capo Feto.

Sono state fatte inoltre delle correlazioni tra il parametro conducibilità ed altri parametri chimici, e si è riscontrato che le correlazioni migliori si hanno con i parametri cloro e calcio per i quali il coefficiente di correlazione R^2 supera il valore di 0,9 (figure 43 44 e 45).

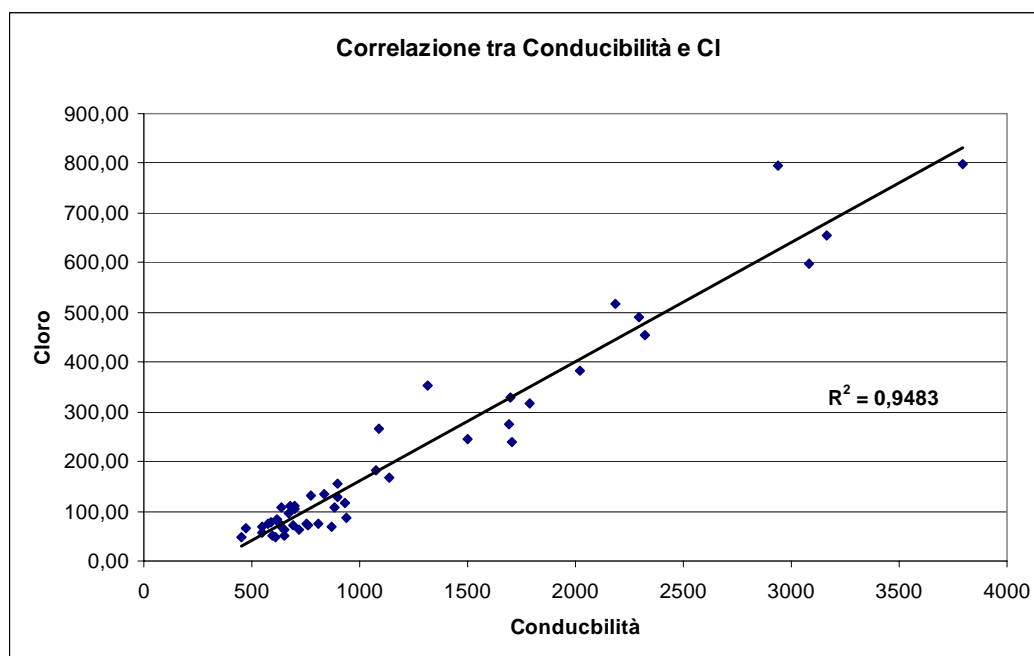


Fig. 43 – Correlazione tra conducibilità e cloro.

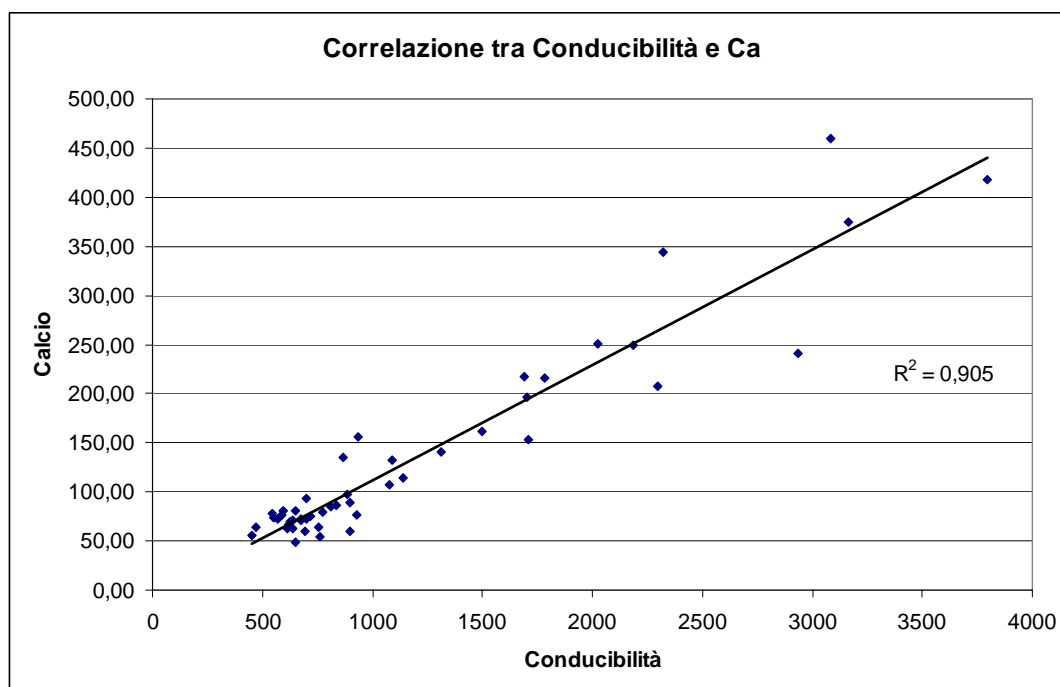


Fig. 44 – Correlazione tra conducibilità e calcio.

Tali buone correlazioni indicano che una conducibilità significativa in falda è dovuta prevalentemente agli ioni cloro e calcio.

Un'ulteriore correlazione che è stata fatta è quella tra gli ioni sodio e cloro e, l'elevato valore di R^2 , indica che la presenza dei due ioni derivi verosimilmente dal cloruro di sodio.

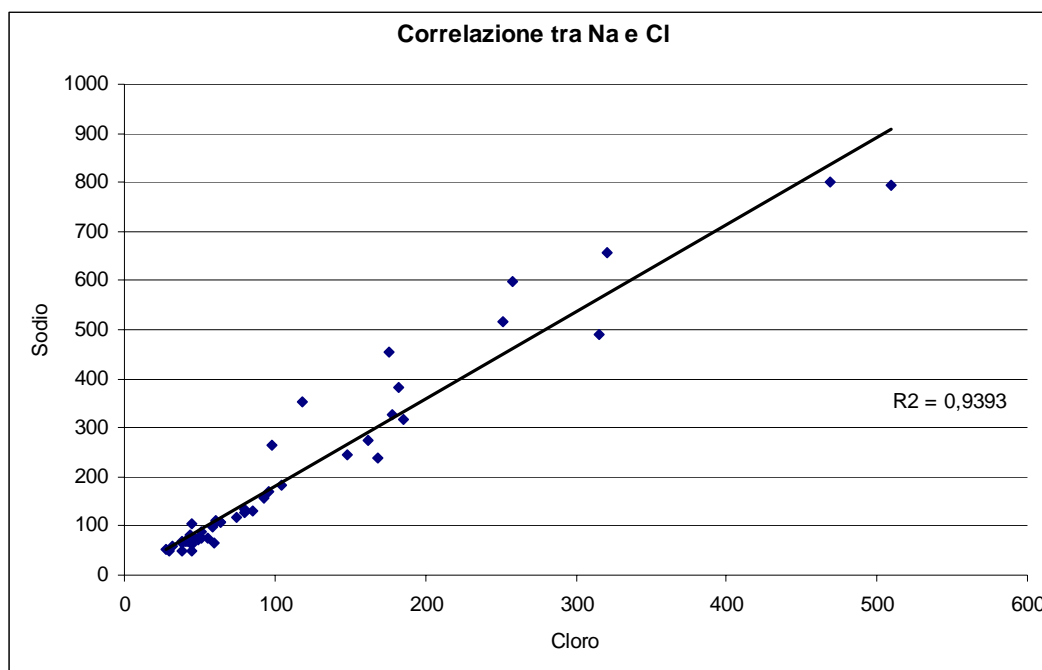


Fig. 45 – Correlazione tra cloro e sodio.

Il contenuto di nitrati è generalmente medio-alto ad eccezione di alcuni punti in cui i valori sono bassi. Il fatto che, in concomitanza alla forte presenza di nitrati, si ritrovi un basso contenuto di ione ammonio, lascia presupporre che l'azoto arrivi in falda direttamente sotto forma di nitrati dal dilavamento dei terreni agricoli, e non sia il prodotto di una progressiva ossidazione di ammoniaca che è indice di un inquinamento organico. Fanno eccezione alcuni punti in cui, al contrario, si trovano elevati valori di ammoniaca e un basso contenuto di nitrati; in tali situazioni è plausibile la presenza di inquinamento organico.

La maggior parte del territorio dell'area esaminata, come rilevato dai sopralluoghi effettuati, è interessata da attività agricole che necessitano di un quantitativo notevole di acqua che proviene sia dagli acquiferi locali tramite pozzi, che dalle dighe Trinità e Garcia distribuita dal Consorzio di Bonifica Trapani 1.

Numerosi sono anche i pozzi da cui viene prelevata acqua a scopo idropotabile.

Sono stati condotti diversi studi sul regime delle falde nell'area in esame, e tutti hanno messo in evidenza la situazione di disequilibrio in cui si trovano i corpi idrici sotterranei.

I livelli piezometrici nella falda di Marsala – Mazara del Vallo sono diminuiti, mostrando un abbassamento dei livelli dinamici di 22 m dal 1958 ad oggi, come nel caso dei pozzi S. Miceli, che attualmente presentano portate di 30 l/s contro i 60 l/s che si registravano al momento della loro realizzazione.

Anche per la falda della Piana di Castelvetro – Campobello di Mazara sono state registrate condizioni gravose già nel 1999 (Bonanno et al, 2000) che presentavano livelli di falda più bassi di 20 m rispetto a quelli misurati nella precedente campagna piezometrica del 1981 eseguita dalla Cassa per il Mezzogiorno.

Dal bilancio idrologico effettuato da Bonanno et al si è trovato che la ricarica media annua della falda è inferiore ai prelievi del 15%, e questo ha comportato il progressivo depauperamento della risorsa.

Un altro effetto dei massicci prelievi di risorsa idrica è il parziale prosciugamento delle aree umide di “Gorghi Tondi e Lago di Preola”, site a sud del fiume Delia e la quasi totale scomparsa delle paludi costiere (margi) che un tempo caratterizzavano la litoranea della Piana di Marsala.

A questo si aggiungono la continua necessità di approfondire i pozzi e le pompe per la captazione dell’acqua, la salinizzazione di alcuni pozzi a scopo idropotabile e la scomparsa di alcune sorgenti significative come quella di Samperi ubicata a NE dell’abitato di Petrosino.

In questa situazione critica è evidente la necessità di un fitto monitoraggio della falda per il controllo dell’avanzamento del fronte marino a scapito di quello di acqua dolce sempre più debole. In tale contesto si inquadra la realizzazione di alcuni pozzi freaticometrici per opera dell’Osservatorio delle acque dell’Agenzia per i rifiuti e le acque della Regione Siciliana negli ultimi anni.

Tali pozzi sono situati in prossimità della costa tra Marsala e Mazara del Vallo e prendono i nomi di:

- Sant’Anna
- Petrosino
- Ferla-Samperi
- Ramisella

Essendo iniziate nel gennaio 2002 le misure dei livelli piezometrici, si dispone attualmente di poco più di 5 anni di misure dei livelli in falda, che vengono riportati nel seguito insieme ai valori di conducibilità rilevati contestualmente.

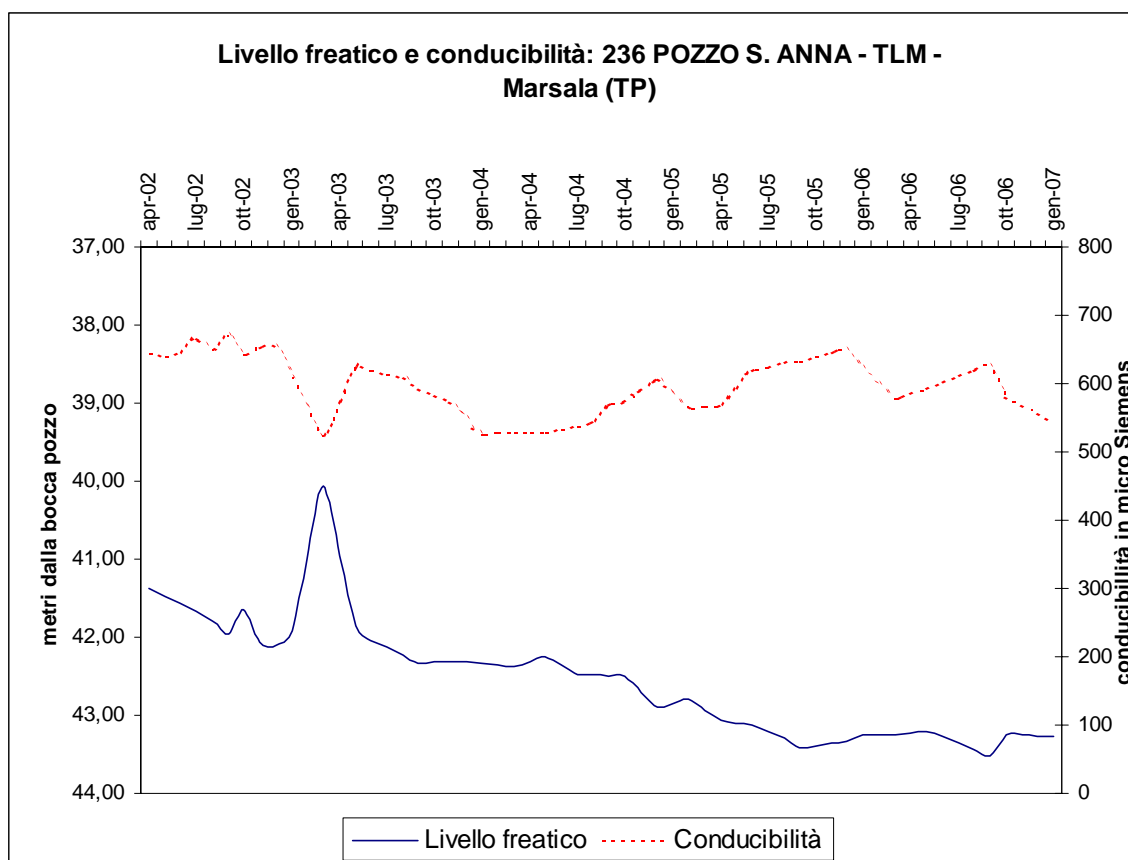


Fig. 46 – Andamento dei livelli piezometrici e della conducibilità nel pozzo Sant'Anna.

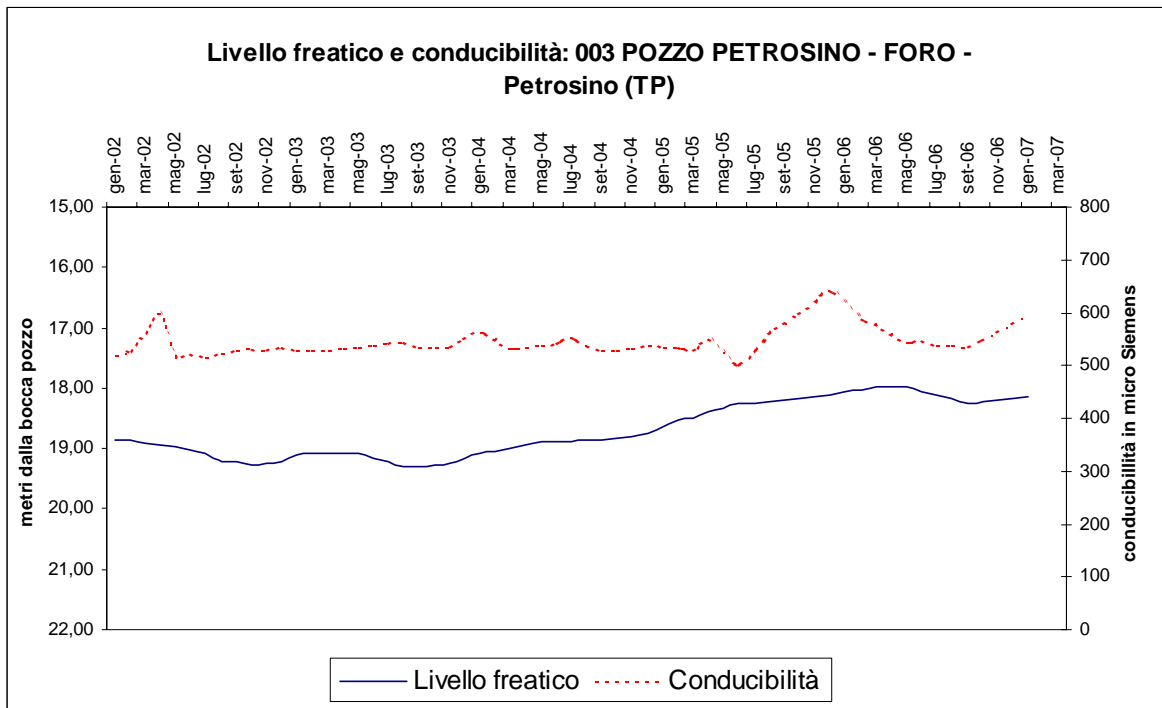


Fig. 47 – Andamento dei livelli piezometrici e della conducibilità nel pozzo Petrosino.

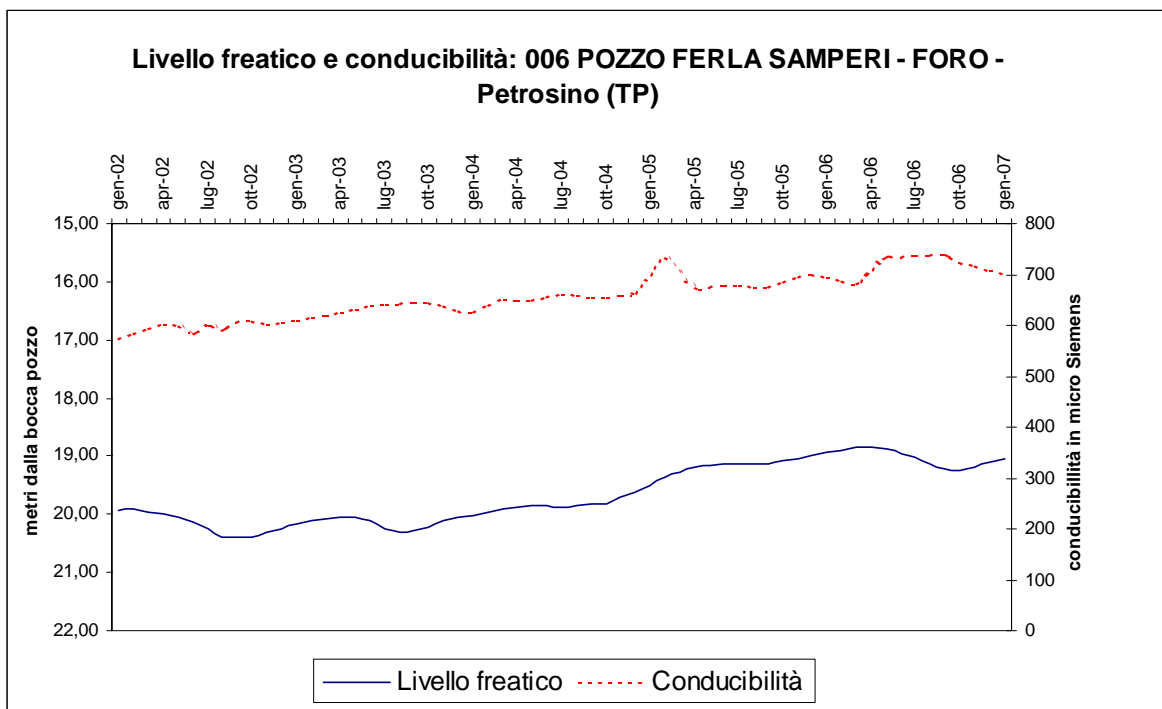


Fig. 48 – Andamento dei livelli piezometrici e della conducibilità nel pozzo Ferla Samperi.

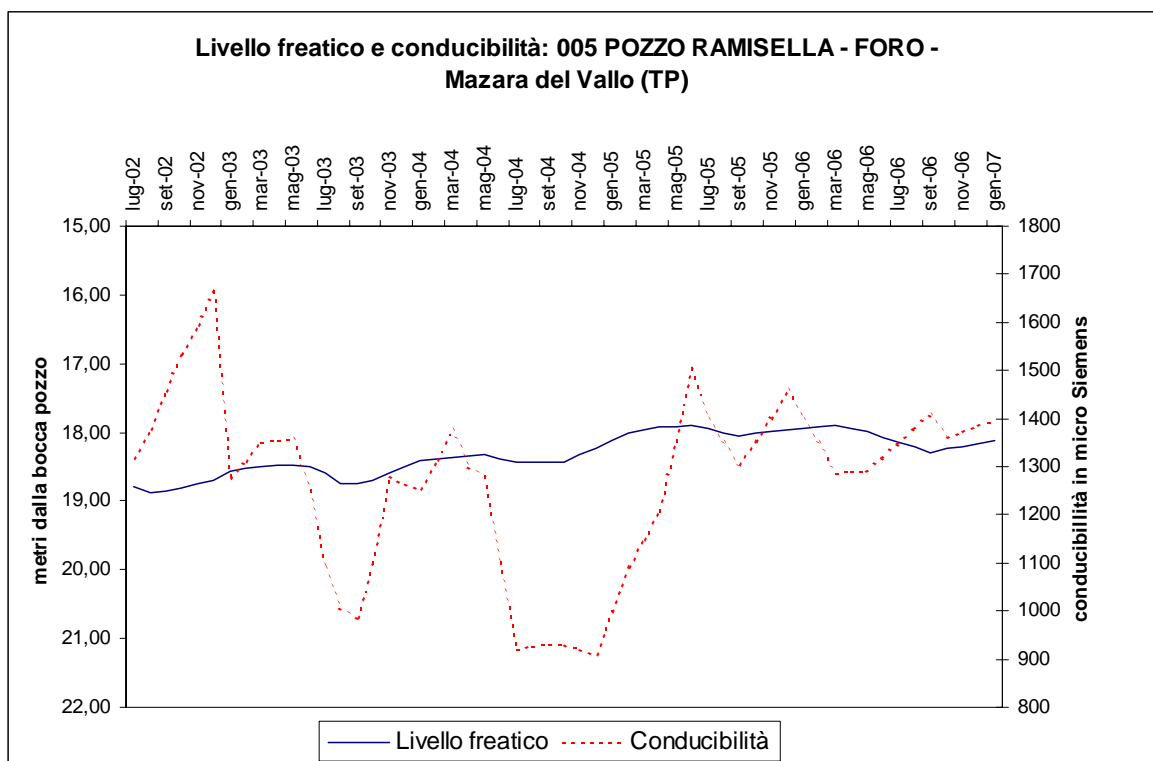


Fig. 49 – Andamento dei livelli piezometrici e della conducibilità nel pozzo Ramisella.

Nel pozzo Sant'Anna è evidente una tendenza alla diminuzione, tanto che nei cinque anni di osservazione il livello scende di più di due metri. Si osserva un picco di massimo livello nel mese di marzo 2003 che corrisponde ad un picco di minimo della conducibilità.

La situazione sembra diversa nei pozzi Petrosino, Ferla-Samperi e Ramisella, in cui il livello è aumentato anche se di poco (rispettivamente 0,71, 0,88 e 0,43 m).

Vista la differenza di quasi un ordine di grandezza dell'entità dell'aumento di livello nei due pozzi, rispetto a quella della diminuzione negli altri tre, questi dati sono in accordo con il noto fenomeno di depauperamento della risorsa idrica della Piana di Marsala – Mazara del Vallo.

2.1.7 Bilancio idrologico

L'elaborazione del bilancio idrico è condizionato dalla conoscenza di numerosi fattori come la quantità di precipitazioni atmosferiche che alimenta direttamente il ciclo idrologico del bacino (P), l'entità dei deflussi superficiali (D) e l'evapotraspirazione reale (E), cioè la quantità di acqua necessaria per sopperire ai fabbisogni fisiologici della copertura vegetale sommata alla evaporazione diretta del terreno.

L'espressione generale di un bilancio che tenga conto dei suddetti fattori è la seguente:

$$P = D + E + I$$

Dove I è la quota parte di acqua che si infila nel terreno e che consente, quindi, di ricaricare la falda. La stima del bilancio così descritto è stata effettuata con riferimento all'intera area di studio.

Elaborazione dei dati pluviometrici e valutazione degli afflussi

Per la stima degli afflussi sono state considerate le stazioni di: Marsala, Ciavolo, Petrosino, Mazara del Vallo, Diga Trinità, Campobello di Mazara e Selinunte.

Sulla base dei dati pluviometrici annuali del periodo 1918 - 2000 delle sette stazioni pluviometriche precedentemente citate, sono stati calcolati i valori medi di afflusso idrico su tutta l'area utilizzando il metodo IDW (Inverse Distance Weighting – inverso della distanza pesato).

L'afflusso medio annuo stimato risulta di 508 mm, pari a 223,8 Mm³/anno.

Valutazione dei deflussi

Per la valutazione dei deflussi superficiali, dal momento che l'area non coincide con un unico bacino idrografico, è stato necessario valutare separatamente i deflussi entranti a monte del sistema e i deflussi uscenti. Per fare questo è stata utilizzata la carta dei contributi unitari che indica per ciascun pixel di 100mx100m il deflusso medio annuo atteso in mm/anno.

Per i nostri scopi sono stati presi in considerazione i deflussi maggiori al valore di soglia pari a 40.000 mm/anno.

Dalla differenza tra tutti i contributi uscenti e tutti i contributi entranti è stato possibile ricavare il deflusso medio annuo che risulta essere pari a 38,1 Mm³/anno (tabella 4).

Volume	Mm ³ /anno
Uscente	46,2
Entrante	15,1
Netto	31,1

Tab. 4 – Deflusso medio annuo.

Stima dell'evapotraspirazione media

L'evapotraspirazione reale (E), è la quantità di acqua evaporata dal suolo e dalle piante quando il suolo si trova al suo tasso di umidità naturale, e viene stimato tramite la formula di Turc (1954) modificata da Santoro (1970).

La formula di Turc fornisce direttamente l'evapotraspirazione reale (E) media annua in mm:

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L}\right)^2}}$$

Dove:

E = evapotraspirazione reale media annua in mm

P = altezza di precipitazione media annua in mm

T_a = temperatura media annua in Celsius

L = potere evaporante dell'atmosfera cioè:

$$L = 586 - 10T_a + 0.05T_a^3$$

L'evapotraspirazione media annua risulta di 426 mm, pari a 187,7 Mm³/anno.

Risultati

Nella tabella 5 sono indicati i parametri utili a descrivere il bilancio idrico superficiale dell'area di studio. In particolare, come sopra descritto, sono presenti valori misurati di precipitazione annua, del deflusso superficiale e i valori calcolati di evapotraspirazione reale media annua.

Dall'applicazione dell'equazione del bilancio si può, quindi, stimare l'entità delle acque che si sono infiltrate nel terreno e che hanno generato ricarica delle falde e deflusso di base. L'infiltrazione media presunta nell'intera area è pari a 5 Mm³/anno.

Afflusso (Mm ³ /anno)	223,8
Deflusso (Mm ³ /anno)	31,1
Evapotraspirazione (Mm ³ /anno)	187,7
Infiltrazione (Mm ³ /anno)	5,0

Tab. 5 – Bilancio idrico dell'area di studio.

PARTE 3

3.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AZIONI SPECIFICHE

3.1.1 Rete di monitoraggio

Numerosi studi sono stati fatti sui livelli piezometrici della falda nell'area in esame che hanno messo in evidenza una situazione critica in cui la risorsa idrica sta progressivamente diminuendo.

La realizzazione dei 4 pozzi piezometrici dell'Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque costituisce un ulteriore passo avanti per il monitoraggio dell'acquifero, inoltre l'implementazione del Piano di Tutela delle acque consentirà di avere ulteriori dati sullo stato quantitativo degli acquiferi. Il monitoraggio dei livelli idrici in falda deve essere eseguito continuamente e i dati relativi tenuti sotto controllo. Oltre a questo è necessario un monitoraggio dei prelievi di acque sotterranee con particolare riguardo ai prelievi abusivi che notoriamente contribuiscono in maniera rilevante ai consumi idrici.

Relativamente al suolo dovrebbe essere realizzata una rete di monitoraggio, in funzione della qualità delle acque utilizzate per l'irrigazione, sulla verifica a breve e a lungo periodo dell'accumulo di sali e sugli effetti che la salinizzazione comporta per l'agricoltura e quindi per l'economia del territorio.

Poiché inoltre sono stati riscontrati suoli più vulnerabili, in quanto la salinizzazione potrebbe comportare degli effetti difficilmente reversibili, portando alla desertificazione del suolo, è necessario attuare azioni di monitoraggio specifici, individuando delle hot-spot nelle aree a maggiore rischio.

Considerata la notevole variabilità pedologica riscontrata, che aumenta sempre di più nel tempo per le trasformazioni antropiche incisive operate dall'uomo, sarebbe inoltre necessario un rilevamento pedologico più dettagliato (a scala 1:25.000 o 1:10.000) al fine di valutare l'effetto delle acque irrigue sulle differenti tipologie di suolo.

3.1.2 Razionale utilizzo della risorsa idrica e del territorio

Le misure da poter impiegare per mitigare e possibilmente arrestare l'avanzamento dei processi di desertificazione e depauperamento della risorsa idrica in atto nell'area in studio sono da intendere a vari livelli e settori. Solo attraverso una integrazione delle diverse azioni territoriali, dal livello politico-gestionale al livello della sensibilizzazione della gente, si potrebbe realisticamente agire su tali processi di degrado del territorio.

Alcune possibili misure vengono di seguito esposte suddivise in due diversi campi d'azione individuati.

Utilizzo e gestione della risorsa idrica

In primo luogo le misure di intervento dovrebbero essere volte alla regolamentazione dei prelievi della risorsa idrica che, come i dati ottenuti da studi recenti hanno mostrato, superano la capacità di ricarica degli acquiferi. L'utilizzo della risorsa deve avvenire nel rispetto delle esigenze ambientali, e questo principio/necessità è sancito anche dal D.Lgs 152/99 che parla di rispetto del minimo deflusso vitale.

L'evidente consumo eccessivo di risorsa idrica, dovuto anche a fenomeni di abusivismo del prelievo idrico di falda, dovrebbe essere necessariamente limitato e controllato, ma nel contempo andrebbero fornite soluzioni concrete ed economicamente vantaggiose agli agricoltori che sarebbero spinti spontaneamente ad abbandonare tale pratica molto diffusa.

Altro punto importante è il consumo di risorsa idrica dovuto alle perdite nelle reti di distribuzione: si è constatato che in molti casi gli sprechi di acqua sono dovuti a perdite nelle reti acquedottistiche. A titolo di esempio, per i comuni ricadenti nell'area in esame sono state registrate delle perdite che superano il 20% in quasi tutti i casi, con punte del 55% ed oltre nei comuni di Campobello di Mazara e Petrosino (Piano d'Ambito della Provincia di trapani).

La possibilità del riutilizzo dell'acqua per impieghi secondari, come quello agricolo, è ormai un tema affrontato da numerosi enti di ricerca. L'implementazione sul territorio di sistemi irrigui con acque reflue depurate consentirebbe un notevole risparmio di risorsa idrica a vantaggio della ricarica degli acquiferi e delle altre risorse idriche. Così facendo i corpi idrici sotterranei potrebbero essere utilizzati come risorse strategiche in periodi di scarse disponibilità idriche. Tuttavia, poiché gli effetti sul suolo delle acque reflue sono poco conosciuti in questi particolari ambienti caldo aridi, sarebbe necessario una sperimentazione specifica preventiva sulle diverse tipologie di suolo.

Un riutilizzo delle acque potrebbe essere implementato anche all'interno degli usi civili; sono stati già fatti degli studi e sperimentazioni sulla possibilità di reti duali negli edifici civili. A titolo di esempio si cita il Progetto Acquasave, finanziato per il 50% dall'Unione Europea e realizzato con il coordinamento dell'ENEA nel comune di Bologna nel 2000, con il quale si è inteso dimostrare "la possibilità di razionalizzare l'uso dell'acqua applicando in una scala significativa alcune tecnologie di riduzione dei consumi e di riuso dell'acqua piovana e di riciclo delle acque grigie". Tra gli obiettivi del progetto c'erano quelli di raggiungere un risparmio di acqua potabile di circa il 50% e un risparmio complessivo di risorse energetiche e ambientali.

Tali tecnologie sono oggi disponibili e sufficientemente collaudate.

Dal punto di vista agricolo, andrebbero attuate azioni specifiche di intervento per favorire l'utilizzo di varietà clonali nelle colture più resistenti all'aridità, ovvero che necessitano di una quantità più limitata di risorse idriche. Considerato che la coltura della vite rappresenta l'uso principale del territorio, andrebbero diffuse cultivar più xero-tolleranti. La ricerca genetica applicata alla vite ha già fornito ottimi risultati in alcuni paesi extra-europei a clima mediterraneo caldo arido.

Sarebbero da favorire e ricercare nuove tecniche tipiche dell'aridocoltura che tendono a ridurre i fabbisogni idrici ed ad ottimizzare la risorsa acqua, da applicare caso per caso. L'agricoltura inoltre dovrebbe essere re-indirizzata verso tecniche di

conservazione e miglioramento del contenuto di sostanza organica del suolo. Questo componente infatti gioca un ruolo non indifferente, oltre che per la fertilità, anche per la ritenzione idrica del suolo. I processi di trasformazione dei suoli, che in questo territorio sono oramai pratica molto diffusa, avendo come effetto principale quello di favorire l'ereMACAUSI della sostanza organica, vanno invece nella direzione inversa. Tuttavia la trasformazione dei suoli e gli effetti che ne derivano vanno attentamente valutati e limitati a quei suoli che già sono deficitari per genesi naturale. In tal senso andrebbero anche valutate e diffuse tecniche di riutilizzo delle sostanze organiche derivate dall'industria di trasformazione dei prodotti agricoli, meglio se già compostate e più stabili (ovvero con elevati contenuti di composti umificati).

3.1.3 Trasferimento della conoscenza, divulgazione e sensibilizzazione

Sebbene ormai la coscienza sulla critica situazione ambientale sia nota a livello internazionale, e le stesse direttive europee lo confermano, i cambiamenti concreti possono avvenire attraverso azioni concrete e quotidiane, e ciò può verificarsi solo quando tale coscienza entra nella rete capillare delle singole persone.

Il processo di acquisizione di una coscienza ambientale da parte della gente richiede molto tempo, ma in definitiva è l'unica strada che può apportare dei veri cambiamenti. In questo contesto, si ritiene che parte delle risorse economiche dovrebbero essere investite in campagne di educazione, sensibilizzazione e informazione della popolazione locale, percorsi educativi e formativi a livello scolastico e professionale.

I problemi legati alla desertificazione comportano anche una perdita delle funzioni produttive dei suoli. In un territorio come questo in cui l'agricoltura rappresenta uno dei più importanti comparti economici questa perdita avrebbe effetti negativi sia dal punto di vista economico che sociale. È necessario quindi avviare canali di informazione dirette agli agricoltori sui pericoli in atto e potenziali per avviare la ricerca comune di soluzioni economicamente vantaggiose che possano indirizzare le scelte gestionali verso la salvaguardia delle risorse idriche e dei suoli. In quest'ottica la diffusione dei risultati sia dei monitoraggi che delle sperimentazioni

che saranno realizzati dovrà avere notevole considerazione tra le azioni di sviluppo. Il trasferimento della conoscenza dovrebbe essere realizzato sia attraverso i mezzi classici di divulgazione scientifica (convegni, seminari, pubblicazioni) sia con giornate divulgative e dimostrative in campo che coinvolgano direttamente gli operatori del settore agricolo.

3.2 FONTI DI FINANZIAMENTO DISPONIBILI

Le più importanti fonti di finanziamento disponibili sono sicuramente quelle del nuovo Programma Operativo Regionale FESR 2007-2013. Attualmente il POR è ancora in fase di definizione, e non sono state ancora individuate le varie misure di finanziamento. Tuttavia esiste già una proposta, trasmessa in data 3 marzo 2007, dove vengono indicati gli assi di intervento. Di seguito vengono elencati gli assi attinenti al tema del presente studio; per ogni asse sono previsti degli obiettivi specifici ed obiettivi operativi.

Asse 2 - Uso efficiente delle risorse naturali

OBIETTIVO SPECIFICO 2.2: Completare gli investimenti infrastrutturali già previsti dalla programmazione vigente, e attuare la pianificazione settoriale e territoriale specie per conformarsi alla normativa ambientale nel settore idrico ed in particolare per favorire il raggiungimento della Direttiva CE 2000/60

Obiettivo Operativo 2.2.1: Realizzare interventi infrastrutturali prioritari lungo le fasi del ciclo delle acque e realizzare le infrastrutture previste nella pianificazione regionale vigente, da associare al risparmio idrico alla riduzione delle perdite e all'uso di fonti idriche alternative e implementare gli strumenti di pianificazione settoriale.

Tale obiettivo operativo intende agire sull'inadeguatezza dei livelli di servizio lungo l'intero ciclo delle acque, attraverso iniziative infrastrutturali per un migliore utilizzo della risorsa e azioni per il sostegno del risparmio idrico.

Obiettivo Operativo 2.2.2: Realizzare infrastrutture finalizzate ad ottimizzare la funzionalità degli impianti di accumulo e distribuzione primaria per garantire una disponibilità adeguata in termini quantitativi e qualitativi della risorsa idrica per uso irriguo a livello sovraziendale.

L'obiettivo mira a realizzare interventi infrastrutturali per favorire la gestione efficiente della risorsa idrica per uso irriguo a livello sovraziendale.

Entrambi gli obiettivi presentano forti connessioni con il Piano di Sviluppo Rurale.

OBIETTIVO SPECIFICO 2.3: Attuare la pianificazione nel settore forestale e del rischio idrogeologico, sismico, vulcanico, industriale e ambientale e attuare i piani di prevenzione del rischio sia antropogenico che naturale

Obiettivo operativo 2.3.1: Realizzare interventi infrastrutturali prioritari previsti nei PAI, nel Piano forestale, nella pianificazione di protezione civile e per la prevenzione e mitigazione dei rischi, anche ad integrazione delle specifiche azioni del PRSR Sicilia.

L'obiettivo mira a realizzare il ripristino di condizioni di stabilità e di sicurezza del territorio e la prevenzione del degrado. Questo verrà fatto attraverso interventi di prevenzione dei fenomeni di desertificazione e dell'inquinamento delle falde idriche, azioni volte a completare il sistema di monitoraggio ai fini della tutela, conservazione e recupero del territorio.

Asse 3: Valorizzazione delle identità culturali e delle risorse paesaggistico-ambientali per l'attrattività e lo sviluppo

OBIETTIVO SPECIFICO 3.2: Rafforzare la rete ecologica siciliana, favorendo la messa a sistema e la promozione delle aree ad alta naturalità e conservando la bio-diversità in un'ottica di sviluppo economico e sociale sostenibile e duraturo

Obiettivo operativo 3.2.1: Rafforzare la valenza e l'identità naturalistica dei territori anche attraverso la diffusione della sensibilità per i temi dello sviluppo sostenibile

L'obiettivo mira a rafforzare la valenza e l'identità naturalistica dei territori anche attraverso la diffusione della sensibilità per i temi dello sviluppo sostenibile. Questo

potrà essere fatto anche con azioni di animazione territoriale rivolte alla sensibilizzazione dell'opinione pubblica ed azioni di supporto alla realizzazione della rete ecologica regionale.

Palermo 13 Giugno 2007

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO
E RESPONSABILE SCIENTIFICO

(Prof. Ing. Goffredo La Loggia)

BIBLIOGRAFIA

- Bonanno A. et al. – Studio idrogeologico ed idrogeochimico dell'acquifero multifalda della Piana di Castelvetro e Campobello di Mazara. Quaderni di Geologia Applicata, 7, 4, 45-59.
- CIRITA Programma di Studi d'Idrologia e Geochimica nella Riserva Naturale "Lago Preola e Gorghi Tondi"
- Cosentino et al. – Geochemical and geophysical study intrusion in the south-western coast of Sicily.
- CRA - ISDS Centro Nazionale di Cartografia Pedologica
- Fierotti G., Dazzi C., Raimondi S. (1988) – Commento alla Carta dei Suoli della Sicilia - Regione Sicilia, Ass. Territorio Ambiente. Palermo 1988.
- ISTAT - Atlante Statistico dei Comuni, ed 2005.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio - Schede Siti Natura 2000.
- Oliveri V. – Tesi di laurea "Tecniche GIS per la mappatura del deflusso superficiale: applicazione alla Sicilia. 2006
- Regione Siciliana, Ufficio del Commissario delegato per l'emergenza rifiuti e la tutela delle acque. Documenti per il Piano di Tutela delle Acque in Sicilia - 2006.
- McKee, T.B., N.J. Doesken, J. Kleist, 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, 8th conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 179-184.
- Piano d'Ambito ATO Idrico di Trapani
- Regione Siciliana - Programma Operativo Regionale - FESR 2007-2013
- Soil Survey Staff 2006 - Keys to Soil Taxonomy, 10th ed., USDA – NRCS.
- USDA-NRCS, 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Inv. Rep. N.42, vers. 3.0