

CAPITOLO IV

Dati sperimentali e valutazione dei cali di resa agricola e dell'accumulazione di elementi e composti potenzialmente tossici nel particolato atmosferico, nei suoli e nei prodotti agroalimentari

L. Triolo, A. Antonini, M. Barlattani, A. Correnti, P. Carconi, E. De Luca, R. Di Bonito, V. Di Gioia, G. Fiocchi, F. Musmeci, N. Portaro, S. Rosa, M. Schimberni, C. Vaccarello, G. Zappa (ENEA)

Premessa

Nel capitolo sono illustrati gli effetti negativi che l'esposizione a gas inquinanti ed a particolato atmosferico provocano sulle colture agrarie e sulle risorse forestali.

Relativamente all'esposizione ai gas emessi dalle sorgenti puntiformi fisse e da quelle diffuse, fisse e mobili, gli effetti considerati per le specie vegetali sono quelli prodotti dall' SO_2 e dall' O_3 . Si considera, infatti, che gli NO_x , che pure interferiscono negativamente sui meccanismi metabolici delle piante, costituiscono precursori della sintesi di O_3 , che è la molecola più tossica per i vegetali.

Nel presente studio per valutare gli effetti di inibizione dello sviluppo vegetativo ed il calo di resa causato da SO_2 occorre considerare gli usi del suolo agricolo e forestale per i sedici Comuni oggetto di indagine, circostanti il Polo industriale: la diffusione stimata delle emissioni di SO_2 relative all'anno 2000 (raffineria, centrale termoelettrica EUROGEN ed alcuni cementifici) consente di valutare, per ciascuna coltura, i cali di resa basati sulle concentrazioni medie di SO_2 , attribuite alle stesse sorgenti puntiformi (**Fig. 4.1**).

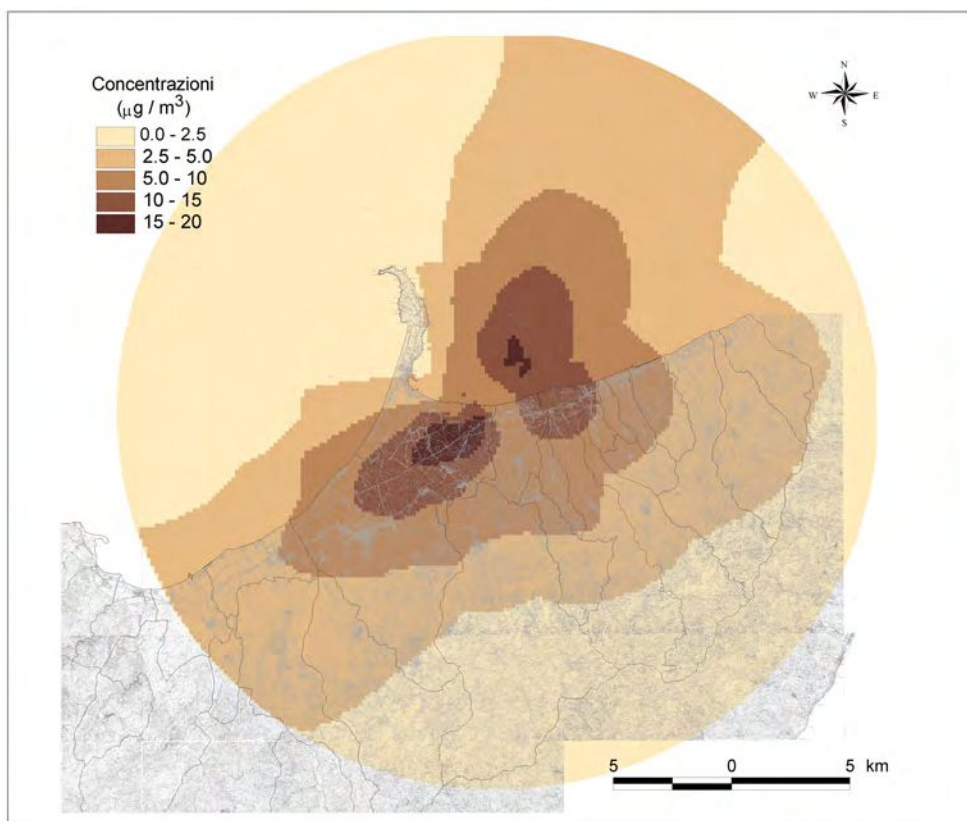


Fig. 4.1

Tuttavia per considerare anche le altre sorgenti di inquinamento, nell'assessment dei cali di resa sono stati presi in considerazione i dati sperimentali di SO₂ e di O₃ medi ottenuti mensilmente da giugno ad ottobre 2001. Per ogni Comune studiato sono mostrati in **Tab. 4.5** e **Tab. 4.10** i dati acquisiti da una o due stazioni nel periodo di monitoraggio. In tal caso i dati si riferiscono sia alle emissioni delle sorgenti puntiformi, che di quelle diffuse.

La stima dei cali di produzione delle diverse specie agrarie è stata eseguita considerando una concentrazione media degli inquinanti (SO₂, O₃) per ciascuno dei Comuni esaminati. Utilizzando le funzioni dose-risposta disponibili ed illustrate nel terzo capitolo, per le coltivazioni più significative si è proceduto alla stima dei cali di resa.

La valutazione di altri parametri di qualità ambientale ed agroalimentare si è basata: sull'impiego di biotest di tossicità sul particolato presente in aria; sulla determinazione sperimentale degli effetti sui sistemi microbiologici dei suoli non agricoli causati dalla presenza di molecole tossiche; sul contenuto di elementi e di molecole tossiche nei prodotti agroalimentari.

4.1 Descrizione del sistema agricolo

La descrizione del sistema produttivo agricolo dell'area nord orientale siciliana compresa nella provincia di Messina e dell'isola di Salina si basa sui dati dell'ultimo censimento agricolo (ISTAT, 2000).

Nel complesso il territorio esaminato presenta una pluralità di indirizzi colturali, con aree a prevalente agricoltura estensiva ed altre fortemente intensive alle quali corrisponde anche il maggior grado di antropizzazione.

Nelle zone collinari ed interne i dati ISTAT evidenziano, insieme a significative aree boscate, l'esistenza di ampie superfici destinate alla foraggicoltura, al pascolo ed alla cerealicoltura ed in taluni casi, come ad esempio ad Alcarà Li Fusi, Cesarò, San Teodoro, Castell'Umberto, Novara di Sicilia e Tortorici, le superfici destinate all'agricoltura di tipo estensivo rappresentano circa il 50% di quelle dei medesimi Comuni.

Nelle zone collinari che si estendono verso il litorale tirrenico molto diffusa è la olivicoltura con prevalente coltivazione di cultivars da olio, con eccezione di Caronia, Barcellona Pozzo di Gotto, San Salvatore di Fitalia e Naso, dove è importante anche la coltivazione di olive da mensa. Tale situazione è sinteticamente rappresentata in **Fig. 4.2**.

In tutta l'area la cultura vitivinicola non è molto diffusa e si presenta quasi esclusivamente concentrata presso Barcellona, S. Lucia del Mela e Pace del Mela, dove la vite ricopre il 3-4% di ciascuno di tali Comuni. Una particolare trattazione richiederebbe la viticoltura praticata nell'Isola di Salina, ove la produzione della Malvasia e quella del capperò caratterizzano fortemente l'agricoltura isolana (**Fig. 4.3**).

Pure molto diffusa è l'agrumicoltura, con maggiori concentrazioni nelle zone di Milazzo, ove prevale la produzione di arance, e di Capo d'Orlando in cui, invece, la coltura più significativa è quella del limone (**Fig. 4.4**).

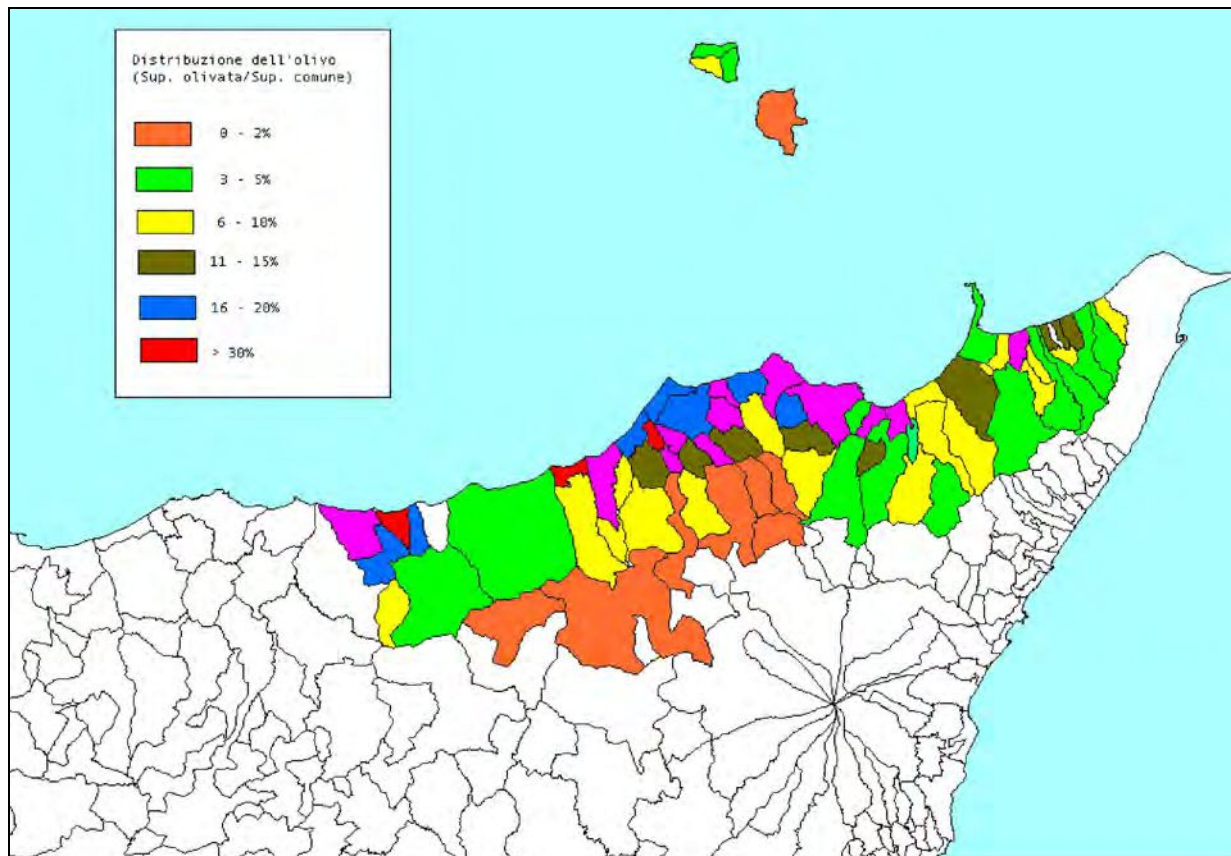


Fig. 4.2

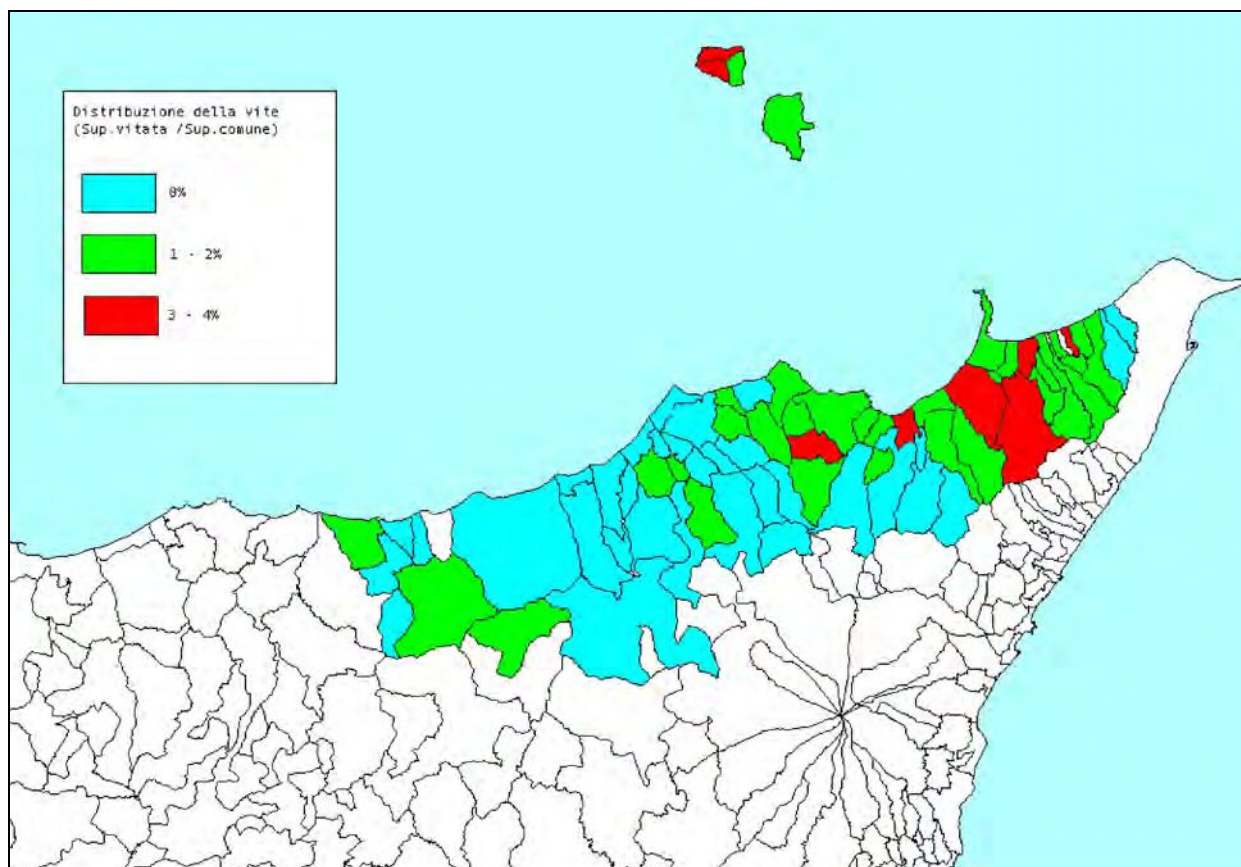


Fig. 4.3

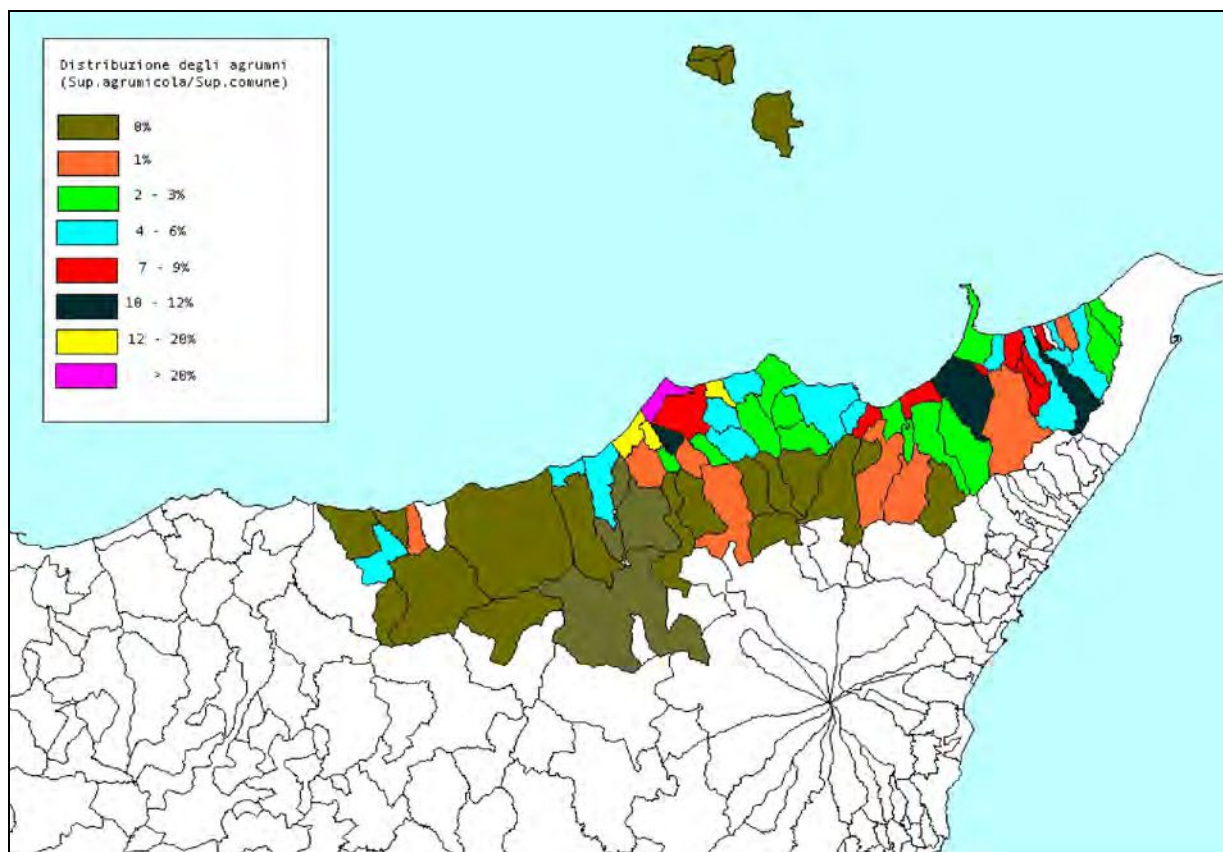


Fig. 4.4

La Piana di Milazzo, che comprende anche il Comune di Barcellona, rappresenta il cuore della orticoltura specializzata che viene praticata prevalentemente in pieno campo, mentre quella promiscua, come nel resto del territorio, è spesso consociata con gli agrumi.

Per i 16 Comuni (Barcellona Pozzo di Gotto, Castoreale, Condò, Gualtieri Sicaminò, Malfa, Mazzarrà Sant'Andrea, Merì, Milazzo, Monforte San Giorgio, Pace del Mela, Rometta, San Filippo del Mela, San Pier Niceto, Santa Lucia del Mela, Terme Vigliatore e Torregrotta) interessati dalla valutazione più puntuale dell'impatto sulle rese produttive causato dalle emissioni inquinanti del polo energetico di Milazzo, i dati dell'ultimo censimento, pur evidenziando un calo delle superfici coltivate, testimoniano l'importanza che continua ad avere per l'economia locale il settore agricolo. Infatti, in questo comprensorio continuano ad essere ampie le superfici agricole coltivate, con punte intorno al 40% di quelle comunali presso Milazzo, Barcellona, Gualtieri Sicaminò, Merì, Pace del Mela e Torregrotta.

Tra le colture arboree gli agrumi (2000 ha), l'olivo (2700 ha) e la vite (640 ha) sono quelle più rappresentative.

Di un certo rilievo è, inoltre, soprattutto a Milazzo e Barcellona, la coltivazione della patata e del pomodoro. Quest'ultima, però, ha subito negli ultimi anni una significativa diminuzione a causa della diffusione di alcune temibili virosi.

Nell'area si rileva, inoltre, la presenza di numerosi vivai caratterizzati prevalentemente per la produzione di piante arboree da frutto. Queste realtà produttive, sviluppatesi in particolar modo nell'ultimo decennio, per l'entità degli investimenti richiesti, cominciano a rappresentare una interessante fonte economica ed occupazionale.

4.2 Valutazione degli effetti dell'anidride solforosa e dell'ozono sulle rese agricole

4.2.1 Determinazioni sperimentali delle concentrazioni di anidride solforosa e di ozono con campionatori passivi

4.2.1.1 Siti di campionamento

In **Tab. 4.1** sono elencate le 21 aziende agricole in cui sono stati posizionati i campionatori passivi ANALYST (**All. 4.20**). Tali aziende si trovano in Comuni limitrofi a quello di Milazzo e sono situate a distanza ed altitudine variabile dal polo industriale (da 0 m a 600 m s.l.m.) (**Fig. 4.5**).

Tab. 4.1

Codice azienda	Località	Coltura
1	S.Pier Niceto	Agrumeto
2	Monforte S.Giorgio	Agrumeto
3	Monforte S.Giorgio	Vigneto-oliveto
6	Torregrotta	Pescheto-ortaggi
6B	S.Pier Niceto	Ortaggi
14	Gualtieri Sicaminò	Oliveto
14A	Gualtieri Sicaminò	Agrumeto
15	S.Filippo del Mela	Agrumeto
16	Milazzo	Vivaio
18	S. Pier Niceto	
19	S.Lucia del Mela	Oliveto
20	Merì	Orticole
21	Barcellona Pozzo di Gotto	Orticole
21A	Milazzo	Orticole
24	Terme Vigliatore	Vivaio
25	Terme Vigliatore	Vivaio
26A	Condò	Agrumeto biologico
26	Castroreale	Agrumeto biologico
30	Pace del Mela	Agrumeto
31	Rometta	Orticole (serre)
32	Salina-Malfa	

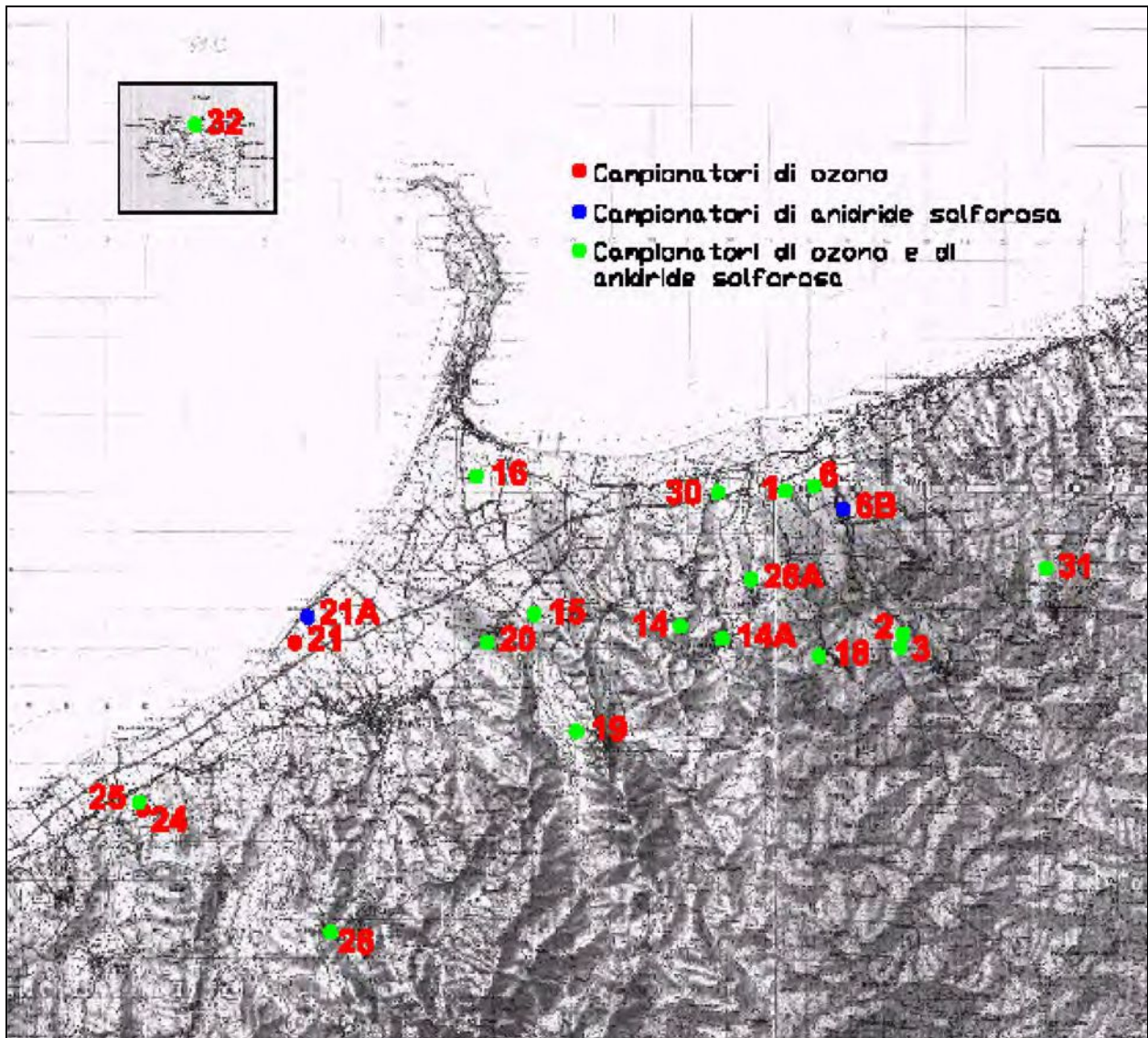


Fig. 4.5

Ciascuna azienda è contrassegnata dal numero che è stato usato per distinguere i campionatori. Gli ANALYST per O₃ sono stati classificati con la sigla O₃ n° azienda (es. O₃ 1), mentre i bianchi con O₃B n°azienda (es. O₃B 1); gli ANALYST per SO₂ sono stati classificati con la sigla SO₂ n° azienda (es. SO₂ 1), mentre i bianchi con SO₂B n°azienda.

4.2.1.2 Periodo di campionamento

Tra maggio ed ottobre 2001 sono stati effettuati cinque campionamenti, ciascuno della durata di circa un mese (Tab. 4.2).

Tab. 4.2

Campionamenti	Data
I	8/5 – 13/6
II	13/6 – 11/7
III	11/7 – 7/8
IV	7/8 – 11/9
V	11/9 – 10/10

Tale periodo è stato scelto per i seguenti motivi:

- elevata incidenza della radiazione luminosa, che favorisce la formazione di O₃;
- maggiore traffico veicolare dovuto al turismo;
- stato vegetativo suscettibile all'impatto degli inquinanti sulle colture agricole più rilevanti dal punto di vista economico presenti nel territorio studiato.

4.3.1.3 Concentrazioni di anidride solforosa in atmosfera

In **Tab. 4.3** ed in **Fig. 4.6** sono mostrate le concentrazioni di SO₂ (esprese in µg/m³) rilevate nei cinque campionamenti effettuati.

Tab. 4.3 Concentrazioni di SO₂ in atmosfera (µg/m³)

Stazione	I camp.	II camp.	III camp.	IV camp.	V camp.
S. Pier Niceto (Az. 1)	30,3	14,6	20,3	31,9	13,06
Monforte S. Giorgio (Az. 2)	-	-	53,1	20,3	16,91
Monforte S. Giorgio (Az. 3)	-	-	54,3	54,6	12,91
Torregrotta (Az. 6)	16,2	9,6	14,1	19,3	-
S. Pier Niceto (Az. 6B)		9,5	13,3	14	41,38
Gualtieri Sicaminò (Az. 14)	20,2	35,7	39,5	34,9	17,78
Gualtieri Sicaminò (Az. 14A)	16,2	33,7	44,3	-	14,39
S. Pier Niceto (Az. 18)	26,4	35,3	77,2	42,8	29,5
Milazzo (Az. 16)	7,8	9,2	9,8	12,3	8,85
S. Filippo del Mela (Az.15)	-	89,4	-	94,6	47,07
Merì (Az. 20)	-	-	-	111,2	65,51
S. Lucia del Mela (Az. 19)	25,7	32,8	55,9	58,7	20,95
Barcellona P.G. (Az 21)	22,8	9,5	45,5	8,2	14,59
Milazzo (Az. 21A)	20,3	26,1	27,3	12	12,07
Vigliatore Terme (Az.25)	-	-	68,4	32	13,68
Castroreale (Az. 26)	21,9	19,2	42,8	36,6	20,08
Condò (Az.26A)	16,3	23,5	38,3	24,2	20,06
Pace del Mela (Az.30)	28,6	14,7	16,5	30,8	11,47
Rometta (Az.31)	-	-	20,5	48,7	26,92
Salina-Malfa (Az.32)	-	7,3	-	-	3,36

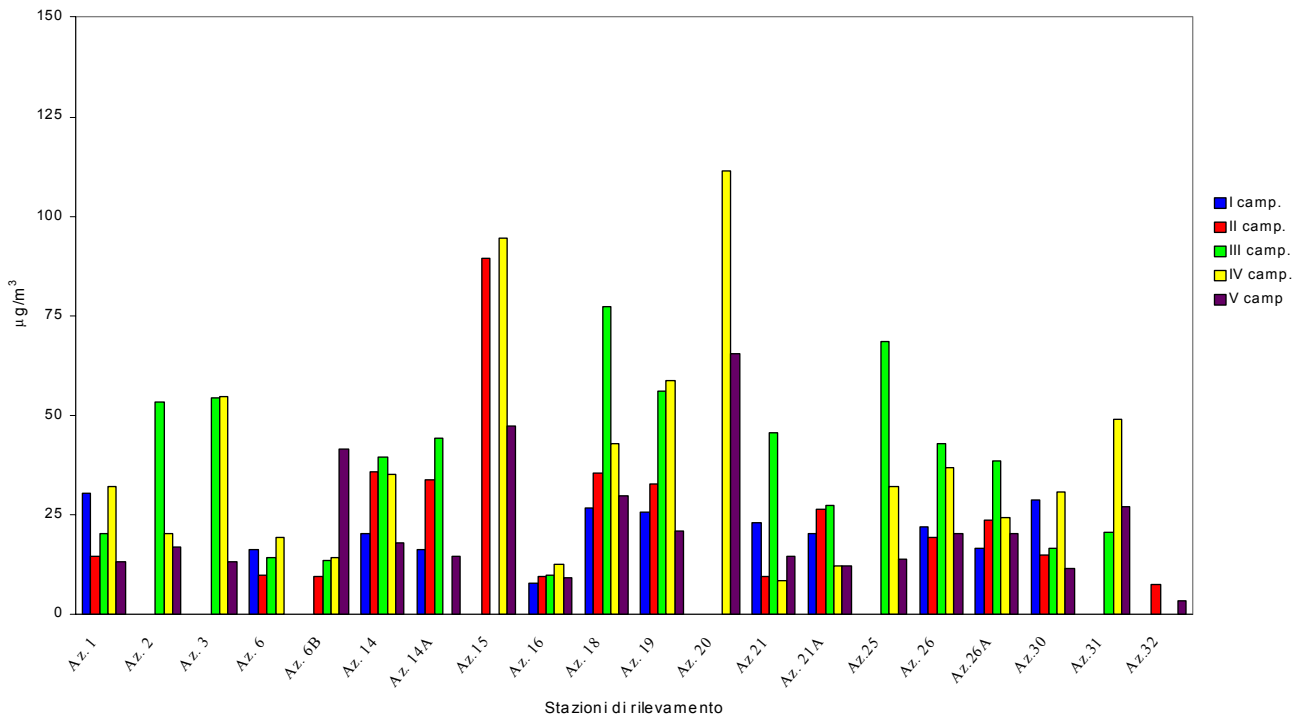


Fig. 4.6 Concentrazioni atmosferiche di SO₂

I risultati ottenuti dal campionamento di SO₂ mostrano valori piuttosto variabili tra i siti. Sono stati riscontrati valori elevati in alcuni siti, mentre in altri la concentrazione di SO₂ rientra nei livelli considerati bassi.

Le correlazioni tra i campionamenti, riportate in **Tab. 4.4**, sono sempre positive.

Tab. 4.4 Valori delle correlazioni tra i campionamenti

	I	II	III	IV	V
I	-				
II	0,17	-			
III	0,33	0,88	-		
IV	0,54	0,9	0,82	-	
V	0,31	0,61	0,78	0,75	-

Solo il primo campionamento mostra una correlazione con gli altri non troppo elevata, con valori dal 17 al 54%, mentre per gli altri campionamenti si osservano correlazioni elevate e significative con valori quasi sempre superiori al 70%. Ciò conferma che l'andamento della concentrazione di SO₂ è simile in ciascun sito nei cinque campionamenti.

La media delle concentrazioni di SO₂ misurate in ogni campionamento è evidenziata in **Tab. 4.5** e **Fig. 4.7**.

Tab. 4.5 Valori medi della concentrazione di SO₂ calcolati su cinque campionamenti

Stazione	Media (µg/m ³)
S. Pier Niceto (Az. 1)	22
Monforte S. Giorgio (Az. 2)	30
Monforte S. Giorgio (Az. 3)	40,6
Torregrotta (Az. 6)	14,8
S. Pier Niceto (Az. 6B)	19,5
Gualtieri Sicaminò (Az. 14)	29,6
Gualtieri Sicaminò (Az. 14A)	27,1
S. Pier Niceto (Az. 18)	42,2
Milazzo (Az. 16)	9,6
S. Filippo del Mela (Az.15)	77,0
Merì (Az. 20)	88,3
S. Lucia del Mela (Az. 19)	38,8
Barcellona P.G. (Az. 21)	20,1
Milazzo (Az. 21A)	19,5
Vigliatore Terme (Az.25)	38
Castroreale (Az. 26)	28,1
Condrò (Az.26A)	24,5
Pace del Mela (Az.30)	20,4
Rometta (Az.31)	32
Salina-Malfa (Az.32)	5,3

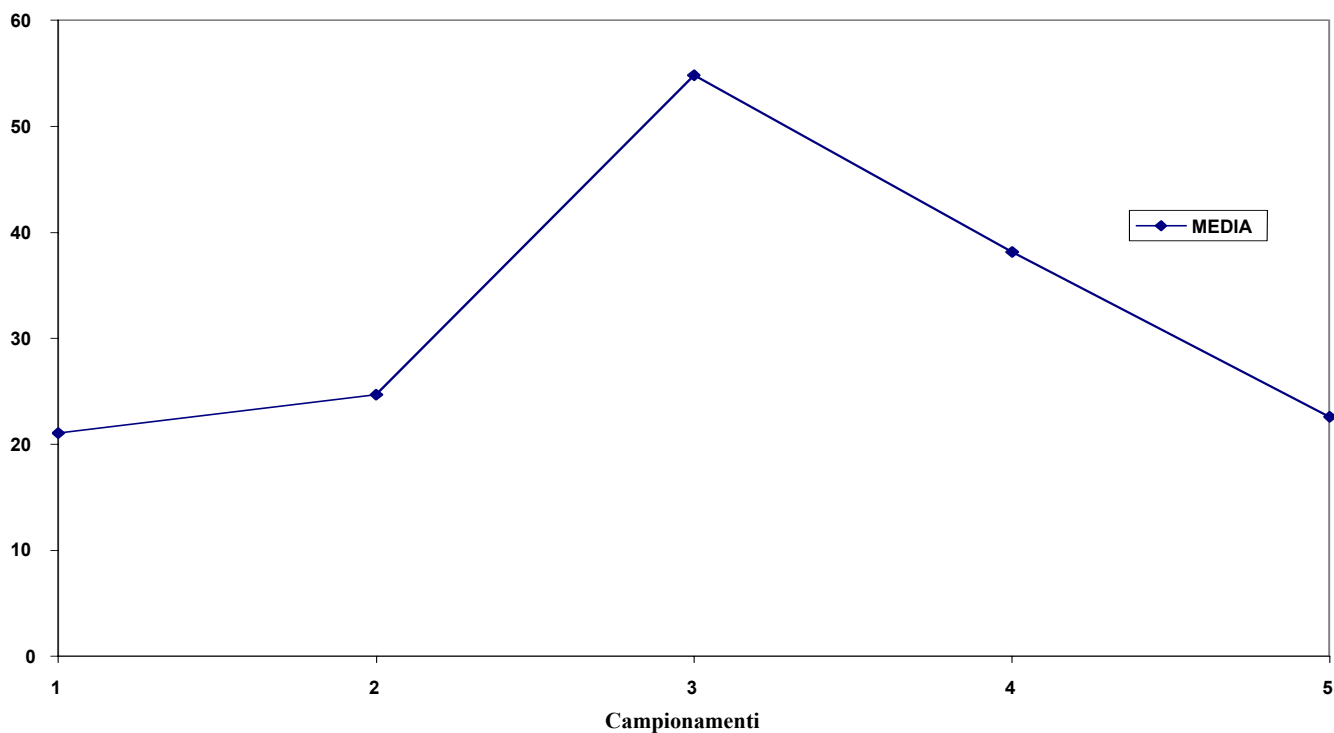


Fig. 4.7 Valori medi delle concentrazioni di SO₂ per campionamento (µg/m³)

Considerando la media dei valori ottenuti per ciascun campionamento (**Fig. 4.7**) si osserva un andamento con un picco di concentrazione nel terzo campionamento, effettuato nel periodo luglio-agosto. In tale campionamento il valore ottenuto è circa il doppio rispetto alla media delle concentrazioni rilevate nel primo, nel secondo e nel quinto campionamento, nei quali la concentrazione di SO₂ presenta per lo più valori simili. Questo risultato potrebbe dipendere dalle emissioni connesse con il traffico veicolare, oppure da quelle del polo industriale. In tale periodo, infatti, le emissioni potrebbero subire un incremento per il notevole afflusso di turisti nell'area in esame.

Dall'analisi dei valori della media delle concentrazioni in **Tab. 4.5** si osserva, inoltre, una distribuzione spaziale della concentrazione di SO₂ ben definita, con i valori più alti compresi nella fascia Sud dell'area di studio.

Le stazioni 15 (S. Filippo del Mela) e 20 (Merì), che si trovano molto vicine tra loro ed in prossimità dell'autostrada, presentano picchi di concentrazione (**Fig. 4.6**). Soltanto le stazioni 6 (Torregrotta), 6B (S. Pier Niceto), 16 (Milazzo), 21 A (Milazzo) e 32 (Salina-Malfa), situate nelle vicinanze della costa, mostrano valori inferiori ai 20 µg/m³.

Tale concentrazione è considerata come valore limite per la protezione degli ecosistemi dalla Direttiva CEE 1999/30/CE dal 19 luglio 2001 (**Tab. 4.12**).

Sembrerebbe, quindi, che l'azione dei venti provenienti dal mare tenda a spostare questo inquinante verso l'entroterra dal momento che concentrazioni elevate di SO₂ sono state riscontrate anche in remote zone collinari lontane dalle fonti di emissione (Sito 18 - S. Pier Niceto).

È utile ora confrontare i valori ottenuti per l'SO₂ con i *passive samplers* nel periodo di riferimento con i dati ottenuti dalla rete di rilevamento della Provincia Regionale di Messina, costituita da nove stazioni (**Fig. 4.8**).

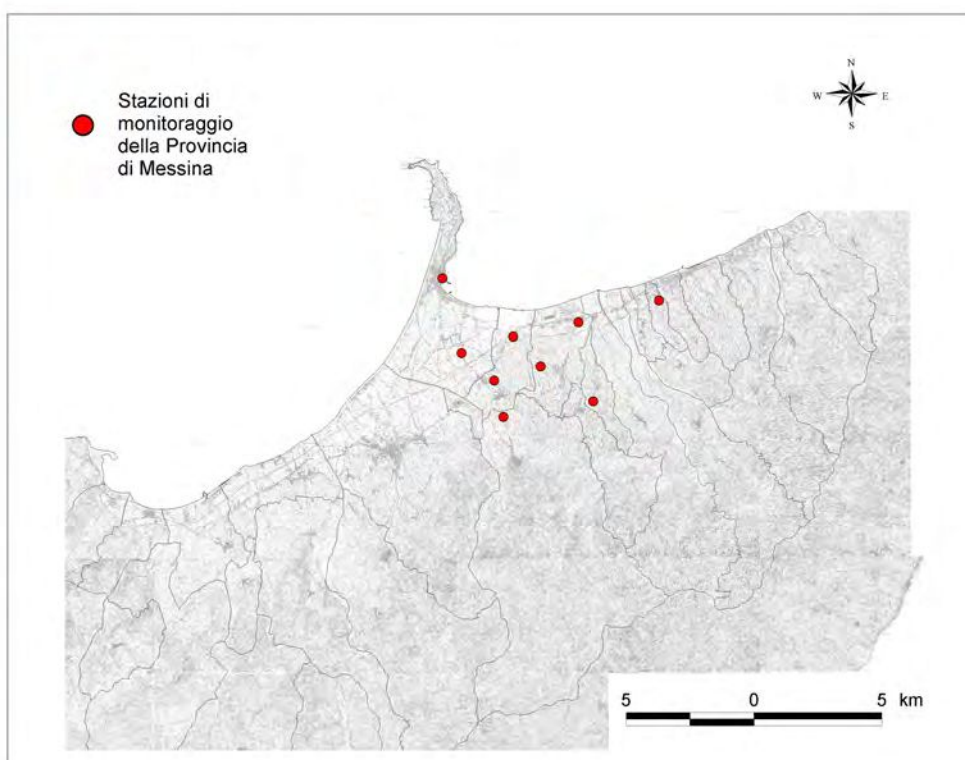


Fig. 4.8 Rete di rilevamento della Provincia di Messina

Per fornire la tipologia di dati più vicina a quelli del monitoraggio ENEA si riporta per ogni stazione il valore della media aritmetica annuale degli ultimi dieci anni (**Tab. 4.6**).

Tab. 4.6

DATI della RETE della PROVINCIA REGIONALE DI MESSINA

Comune/media aritmetica annuale($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	91-'92	92-'93	93-'94	94-'95	95-'96	96-'97	97-'98	98-'99	99-'00
S.Lucia del Mela	25,3	17	26	28	39	50	24	17	16,6
S. Filippo del Mela (C/da Angeli)	7	16	31	37	45	46	28	28	30,9
S. Filippo del Mela (C/da Archi)	9,4	18	35	41	42	40	36	26	-
Milazzo (ospedale)	10	23	37	36	43	43	38	32	-
Milazzo (porto)	12,4	10	15	25	27	33	38	17	-
Pace del Mela (C/da Mandravecchia)	17,4	32	30	39	33	55	25	-	16,1
Pace del Mela (C/da Giammoro)	11	14	39	46	34	42	44	18	15,2
Condò	-	-	-	-	25	27	-	45	20,5
Valdina	-	-	-	-	49	43	-	21	26,7

Fonte: ARPA Sicilia

Per gli ultimi dieci anni sono disponibili anche i dati della rete di monitoraggio dell'EUROGEN SpA che gestisce da alcuni anni la centrale termoelettrica precedentemente di proprietà dell'ENEL (**Fig. 4.9**). In tal caso si considerano come dati più confrontabili con i risultati del monitoraggio ENEA i valori della mediana annuale delle concentrazioni (**Tab. 4.7**).



Fig. 4.9 Rete di rilevamento della Centrale ex-ENEL EUROGEN

Tab. 4.7

DATI della RETE EUROGEN

Comune/mediana annuale($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	91-'92	92-'93	93-'94	94-'95	95-'96	96-'97	97-'98	98-'99	99-'00	00-'01
Valdina	6	7	6	8	5	5	10	12	9	10
S. Pier Niceto	11	6	9	10	7	8	10	11	10	8
Pace del Mela	9	9	7	9	10	8	12	17	18	15
S. Filippo del Mela	6	5	14	14	10	8	10	7	11	25
Milazzo	3	3	3	3	4	3	4	4	3	4

Fonte: ARPA Sicilia

I dati delle medie aritmetiche annuali ottenuti dall'Amministrazione Provinciale di Messina, raccolti per un decennio, non possono essere confrontati con rigore con quelli rilevati usando i *passive samplers*, che rappresentano un periodo di soli cinque mesi estivi del 2001. Comunque in alcuni casi si ottengono discrete coincidenze, mentre in altri (S.Filippo del Mela e S. Lucia del Mela) si evidenziano concentrazioni medie mensili più elevate nei campionamenti effettuati con *passive samplers*. Il monitoraggio della rete EUROGEN non riporta le concentrazioni medie aritmetiche annuali, ma le mediane annuali per cinque stazioni, che risultano nettamente inferiori rispetto a quelle dell'ENEA.

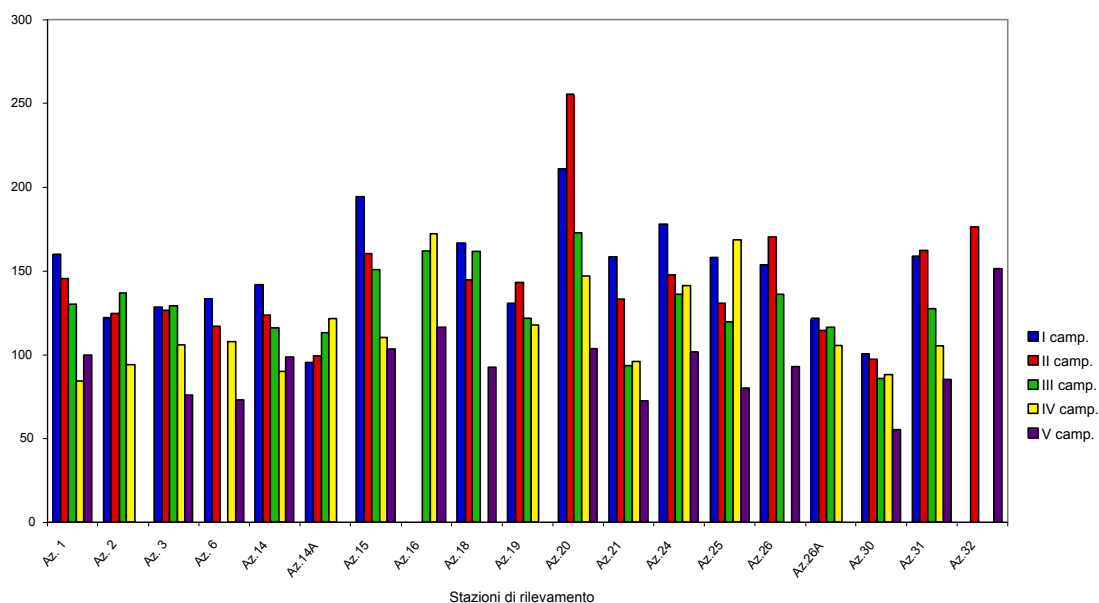
4.2.1.3 Concentrazioni di ozono in atmosfera

In **Tab 4.8** e in **Fig. 4.10** sono mostrati i risultati delle concentrazioni di O_3 ottenute nei cinque campionamenti effettuati, espressi in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tab. 4.8 Concentrazioni di O_3 in atmosfera ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stazione	I camp.	II camp.	III camp.	IV camp.	V camp.
S. Pier Niceto (Az. 1)	160,2	145,5	129,9	84,1	99,8
Monforte S. Giorgio (Az. 2)	122,1	124,8	136,7	94,2	-
Monforte S. Giorgio (Az. 3)	128,3	126,2	129,1	105,9	75,8
Torregrotta (Az. 6)	133,2	117,1	-	107,8	72,9
Gualtieri Sicaminò (Az. 14)	141,8	123,5	116,2	89,9	98,5
Gualtieri Sicaminò (Az. 14A)	95,3	99,3	113,2	121,2	-
S. Filippo del Mela (Az.15)	194,4	160,5	151	110,1	103,4
Milazzo (Az. 16)	-	-	161,7	172	116,6
S. Pier Niceto (Az. 18)	166,8	144,7	161,5	-	92,5
S. Lucia del Mela (Az. 19)	130,6	143,3	121,9	117,7	-
Merì (Az. 20)	211	255,2	172,7	146,9	103,5
Barcellona P.G. (Az. 21)	158,3	133	93,7	95,6	72,4
Vigliatore Terme (Az. 24)	177,9	147,9	136,1	141	101,5
Vigliatore Terme (Az. 25)	157,9	130,5	119,6	168,6	80,2
Castroreale (Az. 26)	153,8	170,1	136	-	92,6
Condronò (Az. 26A)	121,4	114,4	116,4	105,6	-
Pace del Mela (Az. 30)	100,4	97,2	85,7	88,1	55,4
Rometta (Az. 31)	158,5	162,5	127,4	105,2	85,2
Salina-Malfa (Az.32)	-	176,3	-	-	151,5

Fig. 4.10 Concentrazioni atmosferiche di O₃ (µg/m³) in 5 campionamenti



Una visione generale dei dati fornisce un'indicazione preoccupante: secondo la normativa nazionale i valori ottenuti superano abbondantemente il limite di concentrazione per la protezione della vegetazione, previsto dal D.M del 15.06.'96, che è di 65 µg/m³. In generale in ciascuna stazione si osserva un decremento della concentrazione di O₃ nel tempo. Tale risultato è in accordo con i meccanismi che regolano la formazione di O₃, che è favorita dalla radiazione solare.

Le concentrazioni più elevate sono state registrate nel primo e nel secondo campionamento (maggio-giugno e giugno-luglio), che sono stati effettuati entrambi nel periodo dell'anno caratterizzato dalla durata del giorno più lunga.

La figura seguente (**Fig. 4.11**), dove sono riportati i valori medi delle concentrazioni di O₃ calcolati per ciascun campionamento su tutte le stazioni, mostra chiaramente questo andamento.

Dalla metà di maggio alla metà di ottobre si è osservata una riduzione del contenuto di O₃ in atmosfera di circa il 34%. Le correlazioni tra i campionamenti, riportate in **Tab. 4.9** sono sempre positive.

Tab. 4.9 - Valori delle correlazioni tra i campionamenti.

	I	II	III	IV	V
I	-				
II	0,83	-			
III	0,7	0,75	-		
IV	0,41	0,41	0,53	-	
V	0,81	0,56	0,8	0,45	-

Solo il quarto campionamento mostra una correlazione con gli altri non troppo elevata, con valori intorno al 50%, mentre per gli altri campionamenti si osservano correlazioni elevate e significative con valori quasi sempre superiori al 70%.

Dall'analisi dei valori della media dei cinque campionamenti si osserva una distribuzione spaziale di O₃ ben definita con i valori più alti compresi nella parte Sud-Ovest dell'area di studio.

Ciò si evince dai dati di **Tab. 4.10** e **Fig. 4.11** e può essere ben evidenziato dalla mappa dei Comuni limitrofi al polo industriale di Milazzo che sono stati oggetto di studio.

Tab. 4.10 Valori medi delle concentrazioni di O₃ calcolati su cinque campionamenti

Stazione	Media (µg/m ³)
S. Pier Niceto (Az. 1)	123,8
Monforte S. Giorgio (Az. 2)	119,5
Monforte S. Giorgio (Az. 3)	113
Torregrotta (Az. 6)	107,8
Gualtieri Sicaminò (Az. 14)	114
Gualtieri Sicaminò (Az. 14A)	107,3
S. Filippo del Mela (Az.15)	149,3
Milazzo (Az. 16)	150,1
S. Pier Niceto (Az. 18)	141,4
S. Lucia del Mela (Az. 19)	128,4
Merì (Az. 20)	177,9
Barcellona P.G. (Az. 21)	110,6
Vigliatore Terme (Az. 24)	140,9
Vigliatore Terme (Az. 25)	131,4
Castroreale (Az. 26)	138,1
Condrò (Az. 26A)	114,5
Pace del Mela (Az. 30)	85,4
Rometta (Az. 31)	127,8
Salina-Malfa (Az.32)	163,9

Valori medi delle concentrazioni di ozono per campionamento

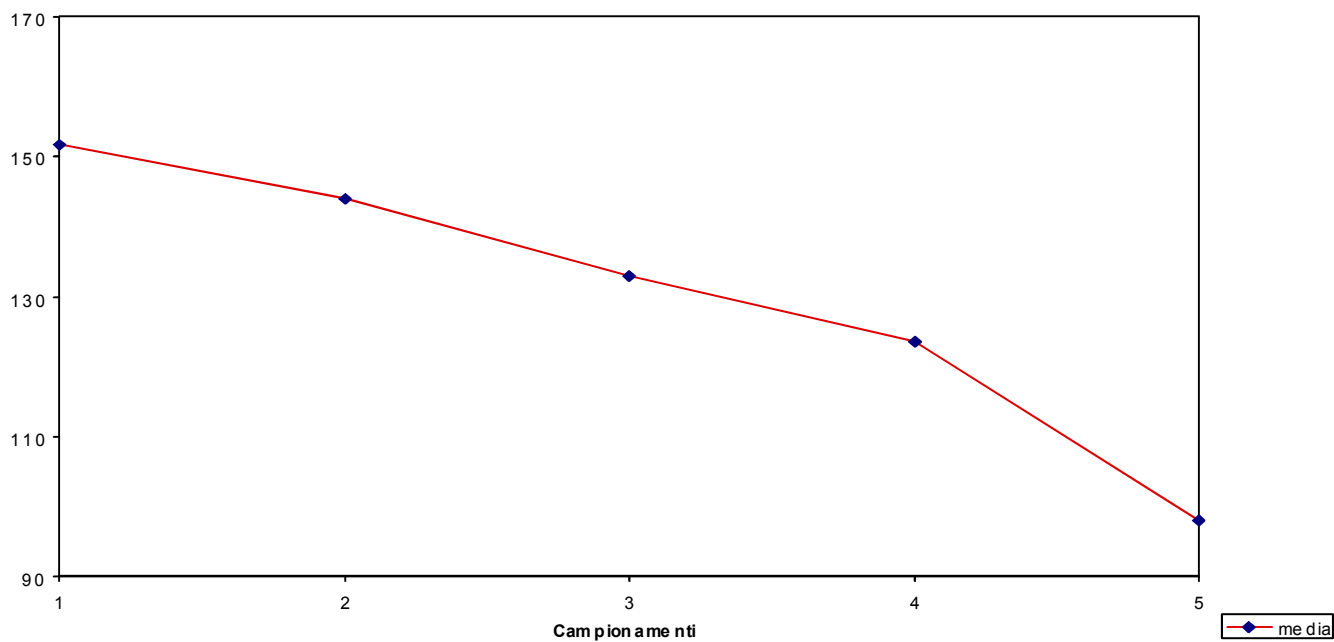


Fig. 4.11 Valori medi (µg/m³) delle concentrazioni di O₃ per campionamento

La **Tab. 4.10** mostra, in dettaglio, i valori più elevati ottenuti nei siti campionati. I siti 15 (S. Filippo del Mela), 16 (Milazzo) e 20 (Merì) sono piuttosto vicini tra loro e si trovano nel territorio dove confinano i tre Comuni, in prossimità delle principali vie di Comunicazione (autostrada e strada provinciale). Il sito 18 si trova in una zona collinare del territorio di S. Pier Niceto.

Nel sito 32, che si trova fuori dalla fascia suddetta in quanto posizionato nell'Isola di Salina, sono state riscontrate concentrazioni di O₃ vicine ai valori più elevati osservati negli altri siti. Tale sito si trova presso Malfa, un centro abitato con elevato traffico veicolare, quindi si ritiene che l'alta concentrazione di O₃ riscontrata sia dovuta all'emissione di NO_x prodotti in loco.

Il limite vigente per la protezione della vegetazione è di 65 µg/m³ (periodo di riferimento: giorno; tempo di mediazione dei dati: ora) secondo il DM 16/05/96.

I valori ottenuti sperimentalmente superano questo limite in tutte le stazioni ed in tutti i campionamenti.

È da notare che il limite per la protezione della vegetazione nel limite di riferimento orario, che è di 200 µg/m³ (secondo lo stesso D.M. citato) è stato superato dal valor medio mensile nella stazione di Merì, mentre in altri casi (S. Filippo del Mela e Terme Vigliatore) la concentrazione è molto vicina a tale limite.

Tali risultati lasciano presupporre che ci sia un effetto negativo sullo sviluppo di piante spontanee e coltivate, che sarebbe opportuno investigare anche attraverso l'osservazione in campo di eventuali segni diagnostici dei danni visibili dell'ozono.

Si riportano di seguito i limiti alle concentrazioni di inquinanti dell'aria previsti dalla normativa nazionale (**Tab. 4.11**) e dalle Direttive 1999/30/CE (**Tab. 4.12**) e 2002/03/CE (**Tab. 4.13**).

Tab. 4.11

**LIMITI ALLE CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI DELL'ARIA PREVISTI DALLA
NORMATIVA NAZIONALE**

<i>Inquinante</i>	<i>Periodo di riferimento</i>	<i>Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Tempo di mediazione dei dati</i>	<i>Commenti</i>
<i>Biossidi di zolfo</i>	Anno (1 apr. 31 mar.)	80 (mediana) 250 (98° percentile) ⁽¹⁾	Giorno	Valore limite DPR 203/24.5.1988
	Semestre freddo (1 ott. 31 mar.)	130 (mediana)	Giorno	Valore limite DPR 203/24.5.1988
	Anno (1 apr. 31 mar.)	40-60 (media aritmetica)	Giorno	Valore guida DPR 203/24.5.1988
	Giorno	100-150	Giorno	Valore guida DPR 203/24.5.1988
	Giorno	125 (attenzione) 250 (allarme)	Giorno	Livelli di attenzione e di allarme DM 25.11.1994
<i>Particolato (gravimetrico)</i>	Anno	150 (media aritmetica) 300 (95° percentile)	Giorno	Limite massimo di accettabilità DPCM 28.03.1983
	Giorno	150 (attenzione) ⁽²⁾⁽³⁾ 300 (allarme) ⁽²⁾⁽³⁾	Giorno	Livelli di alterazione e di allarme DM 25.11.1994
<i>Particolato (fumi neri)</i>	Anno (1 apr.-31 mar.)	40-60 (media aritmetica)	Giorno	Valore guida DPR 203/24.5.1988
	Giorno	100-150 (media aritmetica)	Giorno	Valore guida DPR 203/24.5.1988
<i>Ozono</i>	Ora	200 ⁽⁴⁾	Ora	Livelli di attenzione e di allarme DM 28.3.1983
	Ora	180 (attenzione) ⁽⁶⁾ 360 (allarme) ⁽⁶⁾	Ora	Livelli di attenzione e di allarme DM 16.5.1996
	8 ore	110 (media mobile trascinata)	Ora	Livello per la protezione della salute DM 16.05.1996
	Ore	200	Ora	Livello per la protezione della vegetazione DM 16.05.1996
	Giorno	65	Ora	

1. ai sensi del DPR 203/88 si devono prendere tutte le misure atte ad evitare il superamento di questo valore per più di 3 gg. consecutivi.
2. Valori delle concentrazioni di particelle sospese totali misurate in modo non automatico con metodo gravimetrico, concorrono alla determinazione degli stati di attenzione e di allarme e ai conseguenti provvedimenti da adottare, compatibilmente con i tempi necessari per il completamento delle operazioni di prelievo e di misurazione.
3. Questi valori corrispondono ai valori fissati come standard di qualità nel DPCM 28/3/83.
4. Da non raggiungere più di una volta al mese.
5. Questi valori corrispondono rispettivamente alla soglia per l'informazione alla popolazione e alla soglia di allarme previste dalla direttiva 92/72/CEE sull'inquinante dell'aria provocato dall'ozono.
6. In periodi del giorno da specificarsi secondo le zone a cura delle autorità regionali competenti; da adottarsi soltanto nelle zone e nei periodi dell'anno nei quali si sono verificati superamenti significativi dello standard dell'aria per l'ozono (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tab. 4.12

LIMITI ALLE CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI DELL'ARIA INDICATI DALLA DIRETTIVA 1999/30/CE

<i>Inquinante</i>	<i>Tipo di limite</i>	<i>Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Tempo di mediazione dei dati</i>	<i>Margine di tolleranza</i>	<i>Entrata in vigore</i>
<i>Biossido di zolfo</i>	Valore limite per la protezione della salute umana	350 (da non superare più di 24 volte l'anno)	Media oraria	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (43%) (*)	1 gennaio 2005
	Valore limite per la protezione della salute umana	125 (da non superare più di 3 volte l'anno)	Media nelle 24 ore	Nessuno	1 gennaio 2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	20	Media anno e inverno	Nessuno	10 luglio 2001
<i>PM 10 (fase 1)</i>	Valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 35 volte l'anno)	Media nelle 24 ore	50% (*)	1 gennaio 2005
	Valore limite per la protezione della salute umana	40	Media anno	20% (*)	1 gennaio 2005
<i>PM 10 (fase 2)</i>	Valore limite per la protezione della salute umana	50 (da non superare più di 7 volte l'anno)	Media nelle 24 ore	(in base ai dati: deve essere equivalente al valore limite della fase 1)	1 gennaio 2010
	Valore limite per la protezione della salute umana	20	Media anno	50% (**)	1 gennaio 2010

(*) all'entrata in vigore della presente normativa, con una riduzione lineare il 1 gennaio 2001 ed ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% il 1 gennaio 2005.

(**) al 1 gennaio 2005, con riduzione ogni dodici mesi successivi, per raggiungere lo 0% entro il 1 gennaio 2010.

Tab. 4.13

VALORI LIMITE DI QUALITA' DELL'ARIA AMBIENTE PER L'OZONO INDICATI NELLA DIRETTIVA 2002/03/CE

<i>Inquinante</i>	<i>Tipo di limite</i>	<i>Limite ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>Indice</i>	<i>Margine di tolleranza</i>	<i>Entrata in vigore</i>
<i>Ozono</i>	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	120 (da non superare in più di 25 giorni in un anno di calendario mediato su tre anni)	Massimo valore ottenuto calcolando la media mobile su otto ore		Da raggiungere entro il 2010
	Valore obiettivo per la protezione della vegetazione	18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h (mediato su cinque anni)	AOT40 (*) calcolato sul valore orario da maggio a luglio		Da raggiungere entro il 2010
	Soglia di informazione	180	Media oraria		
	Soglia di allarme	240	Media oraria		
	Obiettivo a lungo termine per la salvaguardia della vegetazione	6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ h	AOT40 (*) calcolato sul valore orario da maggio a luglio		

(*) AOT40 (Accumulated exposure Over a Threshold) rappresenta la somma della differenza tra le concentrazioni orarie maggiori di $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= 40 parti per bilione) e $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in un dato periodo usando solo i valori misurati tra le ore 8.00 e le 20.00 di ogni giorno.

4.2.2 - Gli effetti dell' SO_2 sulle rese agricole

In Fig 4.11 si possono osservare le concentrazioni di SO_2 al suolo provenienti dalle emissioni delle grandi sorgenti puntiformi descritte precedentemente.

Le aree diversamente colorate, che danno una misura delle concentrazioni medie annue di SO_2 sovrastanti i territori comunali, sono utili per stimare il contributo di tali sorgenti di emissione rispetto a tutte le altre presenti nel territorio.

Nella stessa figura sono evidenziati i siti in cui sono stati esposti i campionatori passivi per la rilevazione delle concentrazioni sperimentali di SO_2 e di O_3 .

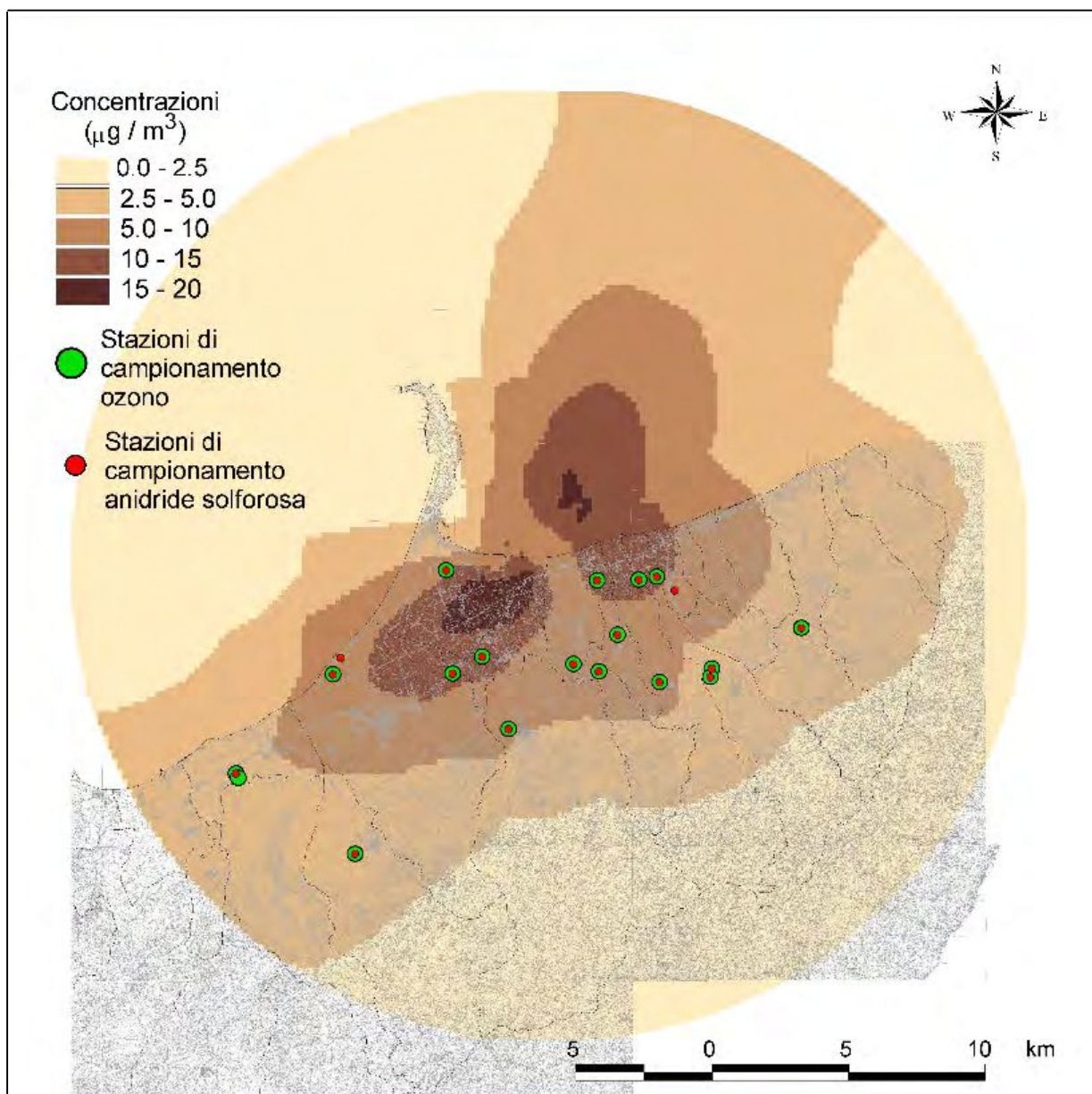


Fig. 4.11

I dati sperimentali di concentrazioni di SO_2 esposti precedentemente rappresentano il risultato della sommatoria di tutte le concentrazioni. In questo studio è utilizzato il valore medio di cinque campionamenti (**Tab. 4.5**) per il calcolo dei cali di resa per le principali colture presenti nei territori comunali, che sono riportati negli **Allegati 4.1-4.15**.

Per quanto riguarda la sensibilità delle varie specie vegetali a tale inquinante si riporta in **Tab. 4.14** una classificazione di tipo qualitativo.

Tab. 4.14
Scala di sensibilità all'anidride solforosa
Intervallo di concentrazione media annuale di SO₂ (µg/m³)

<30	31-50	51-100	100-140
Pinus strobus*	Abies alba Mill.*	Pinus nigra Arnold*	Acer pseudoplatanus*
Picea abies*	Populus canadensis*	Picea sitchensis*	Alnus glutinosa*
Pinus sylvestris*	Fagus sylvatica*	Populus spec.*	Betula pendula*
Acer platanoides*	Vicia faba**	P.interamericana var. Donk*	Glycine max.**
Carpinus betulus*	Hordeus vulgare**	Trifolium subterraneum L.**	Hordeum vulgare L. cv. Golden Promise, Patty**
Quercus robur*	Poa pratensis**	Trifolium Repens L. cv. Regal**	Hordeum distichum**
Tilia cordata*	Lolium perenne**	Medicago sativa cv. Europa**	Festuca rubra**
	Dactylis glomerata**	Hordeum vulgare cv. Hassan**	Helianthus annuus**
	Hordeum vulgare**	Phaseolus radiatus***	Raphanus sativus***
	Lolium multiflorum**	Phaseolus vulgaris***	
	Lolium perenne**	Pisum sativum cv. Wunder von Kelvedon***	
		Cucumis sativus L. cv. National Pickling***	

cv = cultivar

• = specie di interesse forestale

** = specie di interesse agrario

*** = specie di interesse orticolo

Nel **Capitolo III** sono state espone le funzioni dose-risposta riportate nella letteratura (in alcuni casi derivate da elaborazioni ENEA), che costituiscono, assieme alle concentrazioni di inquinante, una componente centrale dell'*assessment* dei cali di resa. Attraverso l'impiego di queste due componenti si possono calcolare le percentuali dei cali di resa agricola.

I valori assoluti delle perdite di raccolto si otterranno dall'impiego dei dati di produzione agricola per ciascun Comune esposti nel terzo capitolo (**Tabb. 3.1 e 3.2**) che si riferiscono alle superfici agricole investite della specie e che sono rappresentate (anche come siti di collocazione delle colture) nelle carte d'uso del suolo (**Allegati 4.1-4.15**). Occorre specificare che tali carte, originariamente ottenute da foto satellitari interpretate in Unità operative ENEA, derivano da un aggiornamento ottenuto dai dati dell'ultimo Censimento dell'ISTAT (2000) con il supporto di funzionari locali della Coldiretti. In esse sono messe in evidenza le tipologie di colture che più sono interessate dalla valutazione degli effetti dell'inquinamento. Le superfici di ogni singola tipologia sono percentualmente rappresentative della tipologia colturale stessa rispetto all'intera superficie comunale. Le tipologie descritte in ciascuna area sono quelle maggiormente rappresentative del territorio dell'area stessa. È da specificare, inoltre, che alla voce "altro" di ciascuna figura corrispondono aree sulle quali non è stato possibile operare una distinzione quantitativa e definire con rigore la collocazione, investite da cereali, prati-pascoli e boschi.

I Comuni nei quali si valutano effetti rilevanti causati da SO₂ sono: Merì e San Filippo del Mela. A Merì, infatti, si stima un calo di resa per gli agrumi del 10% e un calo di assimilazione fotosintetica nell'olivo, che comunque non è un parametro traducibile direttamente in calo di

produzione, dell'6%; a S. Filippo del Mela si stimano cali piuttosto consistenti negli agrumi (-9%) e nelle patate (-16%), una diminuzione dell'assimilazione fotosintetica del 5% nell'olivo.

Negli altri Comuni si osservano dimensioni più contenute delle perdite di raccolto e specificatamente: cali di resa nel frumento del 6%, nella patata dell'8%, negli agrumi del 5% sono valutati per il Comune di S. Lucia del Mela, mentre a Monforte S. Giorgio i cali più consistenti sono nella patata (-7%) e negli agrumi (-5%).

Un calo del 7% si registra per le colture di patata a S. Pier Niceto, mentre per tale coltura a Pace del Mela il calo di produzione non supera il 4% e a Milazzo il 3%.

Anche a Barcellona Pozzo di Gotto si valuta un calo di resa nella patata del 4%, al quale si aggiunge una eguale perdita di raccolto di frumento.

A Terme Vigliatore l'unico calo di resa apprezzabile è a carico degli agrumi: -5%, mentre a Castoreale, Condrò, Gualtieri Sicaminò, Malfa, Milazzo si valuta solo un calo di resa della patata del 3% e a Torregrotta non dovrebbero sussistere rischi di perdita per il raccolto, perché le concentrazioni medie di SO₂ sono al di sotto dei valori di rischio calcolabile dalle funzioni dose-risposta.

Nei Comuni di Merì e San Filippo del Mela le concentrazioni sperimentali medie di SO₂ di 88 µg/m³ e 77 µg/m³, che determinano i cali di resa più consistenti del territorio, sono solo in piccola parte attribuibili alle grandi sorgenti di emissioni della raffineria e della centrale termoelettrica. Infatti nel territorio di Merì la concentrazione di SO₂ attribuita a queste sorgenti e rappresentata in **Fig. 4.11** è compresa tra 10-15 µg/m³, che corrisponde a meno del 10% della concentrazione media sperimentale, mentre nel territorio di S. Filippo del Mela il contributo delle grandi sorgenti può raggiungere anche 20 µg/m³ contro una concentrazione sperimentale misurata di 77 µg/m³.

I dati delle stazioni di monitoraggio della Provincia di Messina relativi a S. Filippo del Mela sono nel decennio 91/92-99/00 più bassi -il valor medio di questo periodo è, infatti, pari a 30,5 µg/m³ -rispetto a quelli misurati nel periodo estivo del 2001 e indicano in tal caso che il potenziale contributo delle grandi sorgenti riportate in **Fig. 4.1** è circa il 67%. I cali di resa in questo Comune sarebbero dunque, considerando queste concentrazioni, del 5,5% per la patata, 5% per gli agrumi e per l'olivo (calo di attività fotosintetica) del 5% rispetto ai valori sperimentali esposti in **All. 4.18** dai quali, per le tre specie risultano valori di cali del 9%, 16% e 5% rispettivamente.

Anche per il Comune di S. Lucia del Mela se si applicassero i valori medi dell'ultimo decennio delle concentrazioni di SO₂ delle stazioni della provincia di Messina, la cui media è 27 µg/m³, si avrebbe un calo di resa per il frumento del 5%, rispetto a quello calcolato con i dati sperimentali precedentemente esposti, che è del 6%. Analogamente per le patate si valuta un calo di resa del 6% rispetto all'8%.

Per il Comune di Pace del Mela i dati sperimentali indicano un calo di resa, come si è visto, del 4%, che è inferiore tuttavia al dato stimato usando la concentrazione media del monitoraggio della Provincia, che è pari al 6%. Lo stesso risultato per Condrò, dove per la stessa coltura il calo calcolato è del 5%, mentre con i dati di concentrazione di SO₂ di tre anni raccolti dalla Provincia la perdita di resa è del 6%.

Si può, dunque, convenire che esiste un buon accordo tra le stime dei cali di resa ottenuti con i risultati sperimentali della campagna di monitoraggio dell'estate 2001 e quelle calcolate per i medesimi Comuni sulla base dei valori medi annui delle stazioni di monitoraggio della Provincia.

4.2.3 Gli effetti dell'O₃ sulle rese agricole

Ben più consistenti effetti sono prodotti sulle rese agricole dalle concentrazioni di O₃ misurate nelle 24 stazioni collocate nel territorio studiato.

È necessario premettere che a differenza delle analisi riportate nel paragrafo 4.3.2 sugli effetti dell'SO₂, dove si è potuto operare un confronto con i dati delle concentrazioni al suolo

misurate in un decennio dalla Provincia Regionale di Messina, nel caso dell'O₃ le stime degli effetti sono basate unicamente sui dati sperimentali dei sensori chimici collocati nelle aziende agricole indicate in **Tab. 4.10**.

Occorre ribadire, inoltre, con molta chiarezza che nei cinque periodi di campionamento di O₃ dell'anno 2001 non è stato possibile un confronto analitico con strumentazioni chimico-fisiche, che sono quelle più diffusamente impiegate e quindi è necessario considerare con molta cautela anche i dati relativi agli effetti, in tal caso i cali di resa delle colture esposte a questo gas tossico.

L'entità del danno alle colture deriva sia dalle concentrazioni di O₃ misurate nelle aziende dei diversi territori comunali sia dalla sensibilità relativa che le specie vegetali hanno rispetto a questo inquinante, che spesso non coincide con la suscettibilità ad altri gas tossici, quali SO₂, NO_x ecc., a causa del diverso meccanismo d'azione del danno.

In **Tab. 4.15** si riporta una classificazione di tipo qualitativo della sensibilità di varie specie vegetali all'O₃.

Tab. 4.15
Classi di sensibilità all'ozono

Specie sensibili	Specie a tolleranza intermedia	Specie tolleranti
Juglans regia*	Acer negundo*	Acer platanoides*
Larix decidua*	Larix kaempferi*	Betula pendula*
Ligustrum vulgare var.Pyramidale*	Ligustrum vulgare*	Buxus sempervirens*
Pinus nigra*	Pinus sylvestris*	Fagus sylvatica*
Sorbus acuparia*	Syringa vulgaris*	Ilex aquifolium*
Allium cepa**	Brassica oleracea***	Picea abies*
Avena sativa**	Brassica rapa***	Quercus robur*
Hordeum vulgare**	Cichorium endivia***	Quercus rubra*
Fagopyrum esculentum**	Cucumis sativus***	Robinia pseudoacacia*
Lycopersicon lycopersicum***	Daucus carota***	Tilia cordata*
Medicago sativa**	Pastinaca sativa***	Apium graveolens***
Nicotiana tabacum**	Petroselinum crispum***	Beta vulgaris**
Phaseolus vulgaris***	Pisum sativum***	Lactuca sativa***
Raphanus sativus***	Vicia faba**	Poa annua**
Secale cereale**	Zea mays**	Sinapsis arvensis***
Solanum tuberosum**		
Spinacia oleracea***		
Trifolium pratense**		
Trifolium repens**		
Triticum aestivum**		
Vicia sativa**		
Vitis vinifera**		

cv = cultivar

● = specie di interesse forestale

** = specie di interesse agrario

*** = specie di interesse orticolo

In quasi tutti i Comuni le perdite di raccolto valutabili sulla base delle concentrazioni rilevate nei cinque periodi mensili da maggio ad ottobre del 2001 sono elevate. A tal proposito si ricorda che il periodo di monitoraggio chimico prescelto è il più critico per lo sviluppo di O₃, sia per le condizioni di insolazione e di temperatura, sia perché nello stesso periodo si assommano in quel territorio altre emissioni oltre quelle della raffineria e della Centrale termoelettrica causate dal maggior traffico automobilistico associato al turismo.

È noto che nelle emissioni associate al traffico sono presenti anche dei precursori chimici della sintesi di O₃, gli ossidi di azoto e gli idrocarburi. Quindi adattare tali concentrazioni alle funzioni dose-risposta che si riferiscono alle concentrazioni di O₃ di tutto l'anno sopravvaluta l'effetto.

Se si utilizzassero, invece, funzioni che si riferiscono alle concentrazioni della parte centrale del giorno nel periodo da aprile a settembre, gli effetti valutati sarebbero sottostimati perché i dati sperimentali si riferiscono alle ventiquattro ore.

Anche le equazioni configurate sulle dodici ore di luce al giorno sottovalutano gli effetti se inserite nel calcolo concentrazioni come quelle misurate dai *passive samplers*, che integrano i dati delle ventiquattro ore per i mesi estivi.

Nel Capitolo III (paragrafo 3.1.4) sono state esposte le funzioni dose-risposta per i cali di resa per diverse specie. È stato riportato per completezza di informazione ciò che è reperibile in letteratura, ma poiché esistono differenze tra le diverse funzioni, per ogni specie agraria è stata necessaria l'adozione di alcuni criteri per la scelta della funzione da applicare, in particolare nel caso del pomodoro, del frumento e delle leguminose.

Considerando il pomodoro, è stata scartata la funzione riportata da Bocola et al (1989) perché si riferisce alle ore centrali del giorno ed ai mesi di maggiore insolazione e dunque la sua applicazione sottovaluterebbe la stima del calo di resa. Delle altre funzioni, in particolare quella di Nali et al. (2002) e quella del Centre for Ecology and Hydrology (2002), è stata preferita la funzione di Nali et al (2002). perché ricavata da esperimenti di vari Autori partecipanti in USA all'NCLAN (National Crop Loss Assessment Network), effettuati considerando variabili indipendenti la concentrazione media di O₃ nelle dodici ore del giorno ed impiegando una equazione esponenziale di Weibull.

Per il frumento, la patata e la vite è stata impiegata la funzione ricavata dal lavoro di assessment dell'UNECE (Centre for Ecology and Hydrology, 2002) condotto su numerose specie d'interesse agrario, in cui la variabile dipendente è l'AOT40 e le funzioni sono state elaborate sulla base di risultati sperimentali condotti in venti siti di dieci paesi durante quattro stagioni estive sia in Europa sia in USA.

Per le leguminose è stato preferito l'impiego di dati sperimentali ottenuti sul fagiolo dal gruppo di ricerca dell'ENEL in due località italiane (Fumagalli et al., 2001).

Per quanto attiene ai prati-pascoli sono state adottate con forte approssimazione, che probabilmente determina una sovrastima del danno, le equazioni di Nali et al. (2002) e di Sommerville (1989) per l'erba medica. Infatti questa specie è molto più sensibile all'O₃ di altre essenze che compongono i prati polifiti, per le quali sono state trovate in letteratura funzioni dose-risposta. Poiché i boschi del territorio studiato sono composti da numerose specie arboree di cui non sono note le funzioni di danno, sono stati adottati alcuni dati sperimentali sui cali produttivi di specie che sono presenti nelle aree forestali del territorio, riportati da Furher (1997).

Una netta differenza si nota rispetto ai risultati ottenuti nella stima di impatto dell'SO₂: i danni alle rese causati dall'ozono spesso sono espressi da cali percentuali di due cifre, che nel caso dell'SO₂ si sono verificati solo in due Comuni.

Poiché i cali di resa dovuti all'O₃ sembrano essere i più rilevanti impatti determinati in questo studio, sarebbe necessario aggiungere nelle stazioni di monitoraggio della Provincia di Messina e dell'EUROGEN, misuratori in continuo di O₃ soprattutto nei territori rurali con più rilevanti produzioni agricole.

Sarebbe così possibile verificare, soprattutto nella stagione primaverile-estiva, attraverso anche le determinazioni orarie, i rischi per la vegetazione, l'agricoltura e la salute umana.

L'entità degli effetti dell'O₃ in tutti i Comuni studiati appare molto elevata: è sempre superato il limite giornaliero di protezione della vegetazione di 65 µg/m³; spesso è anche superato rispetto ai valori delle medie mensili misurate, il limite di protezione per le otto ore della salute pari a 110 µg/m³ (DM 19.5.96).

I Comuni che sono più colpiti dall'O₃ per quanto attiene le colture sono: Meri, Milazzo, S. Filippo del Mela, Castoreale, S. Pier Niceto e S. Lucia del Mela. Cali di resa leggermente più bassi si riscontrano a Barcellona Pozzo di Gotto, Gualtieri Sicaminò, Monforte S. Giorgio, Pace del Mela, Terme Vigliatore e Torregrotta.

Ciò è abbastanza ben rappresentato anche dalla **Fig. 4.1**. Le concentrazioni di SO₂ in essa rappresentate, provenienti dalle emissioni della raffineria e della Centrale Termoelettrica dell'EUROGEN, sono un indicatore per stimare la diffusione anche di NO_x e HC, che sono i presursori dell'O₃. Tali risultati possono essere letti anche osservando l'andamento delle curve delle concentrazioni di particolato in aria (**Fig. 4.15**) e delle deposizioni di particolato al suolo (**Fig. 4.14**).

I valori più elevati nelle stime dei cali di resa sono quelli del frumento :-40% a Castoreale, -37% a S. Lucia del Mela, -30% a Barcellona P. di G., ai quali seguono i cali di resa negli agrumi: -35% a Meri, -30% a Milazzo, -28% a S. Filippo del Mela, -25% a Castoreale e a Terme Vigliatore, -24% a S. Lucia del Mela.

La patata, specie che risulta sensibile all'O₃, appare discretamente investita dall'effetto sulla produttività. Compaiono negli **Allegati 4.16-4.18** relativamente a questa specie due valori che si riferiscono all'impiego delle due funzioni di Pell et al. (1988) e dell'UNECE (Centre for Ecology and Hydrology, 2002).

I Comuni sui quali esistono effetti più rilevanti sono Milazzo, S. Filippo del Mela, Castoreale, S. Pier Niceto e S. Lucia del Mela.

Per quanto attiene l'olivo le stime riportate in **All. 4.16-4.18** si riferiscono alla diminuzione di attività fotosintetica che, pur essendo una grandezza importante nell'organizzazione della CO₂, nella sintesi di carboidrati e nella produzione di energia biochimica, deve essere valutata con cautela e principalmente in una dimensione qualitativa.

4.3 Valutazione degli effetti di elementi e composti tossici sui suoli e sulla qualità dei prodotti agroalimentari

Allo scopo di monitorare la qualità ambientale e dei prodotti agroalimentari relativi al territorio di Milazzo e dei Comuni limitrofi, nel corso del 2001 sono stati effettuati tre campionamenti di suoli e di prodotti agricoli: nel mese di maggio, nel mese di luglio e nel mese di ottobre.

I campioni, prelevati in circa 20 delle aziende agricole situate nel territorio oggetto di indagine, sono stati analizzati per il contenuto di elementi potenzialmente tossici, quali: alluminio (Al), arsenico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), manganese (Mn), nichel (Ni), piombo (Pb) e vanadio (V). L'origine di questi elementi, che sono potenzialmente tossici in misura diversa, può essere litogenica o antropica, sebbene in grado estremamente diverso per i vari elementi e la diversa origine dell'elemento può influire, anche in maniera considerevole, sulla sua biodisponibilità, ossia sul grado di assimilabilità da parte della pianta.

L'apporto litogenico è strettamente correlato alla geochimica del suolo ed ai fenomeni naturali di erosione e di vulcanesimo.

Per quanto riguarda l'origine antropica di questi elementi, Pb, Ni e V sono presenti in quantità elevate nei prodotti petroliferi; il Cd, elemento particolarmente tossico che si propaga e si accumula con facilità nella catena alimentare, può derivare dalla fabbricazione, lavorazione o riprocessamento di diverse leghe metalliche, materiali metallici rivestiti o materiali plastici; dalla

fabbricazione o riprocessamento di accumulatori elettrici al cadmio-nichel; dai pigmenti per vernici; dalla combustione di combustibili liquidi e solidi derivati dal petrolio e dal carbone, dall'uso di concimi chimici a base di fosfati, dalle emissioni di inceneritori. L'As, il Mn ed il V sono presenti in fertilizzanti e pesticidi e possono essere tossici se ingeriti al di sopra di determinate quantità; il Cr è presente in quantità considerevoli nei fertilizzanti fosfatici e nei fanghi di depurazione e sebbene ritenuto oligoelemento essenziale, può risultare tossico se ingerito in dosi elevate; l'Al, pur essendo contenuto a basse concentrazioni in tutte le piante, è riconosciuto essere un composto potenzialmente tossico nelle catene alimentari ed il suo accumulo può provocare effetti negativi alla salute umana.

Su alcuni campioni di suoli è stata effettuata, inoltre, la determinazione analitica di composti organici tossici, quali gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

4.3.1 Siti ed aziende oggetto di campionamento

Sono di seguito elencate le località, le aziende agricole e le date in cui sono stati effettuati i prelievi di campioni dei suoli e dei prodotti agricoli considerati (**Tabb. 4.16, 4.17 e 4.18**) mentre i siti di campionamento sono evidenziati in **Fig. 4.12** ed in **Fig. 4.13**.

Tab. 4.16 Campionamenti di suoli per determinazioni analitiche di elementi tossici

Azienda/Località	Codice	Data prelievo
Az. 6B - S.Pier Niceto	6B	09/05/01
Az.15 - S.Filippo del Mela	15	09/10/01
Az.16 - Milazzo	16	11/07/01
Az.20 - Merì	20	09/10/01
Az.21 - Barcellona P.G.	21	08/05/01
Raffineria / Centrale - Milazzo	M	11/10/01
Parcheggio Raffineria - Milazzo	PR	11/10/01

Tab. 4.17 Campionamenti di suoli per determinazioni analitiche di IPA

Azienda/Località	Codice	Data prelievo
Az. 6 - Torregrotta	6	09/05/01
Az.6B - Torregrotta	6B	09/05/01
Az.15 - Torregrotta	15	09/10/01
Az18 - S.Pier Niceto	18	10/10/01
Az.19 - S.Lucia del Mela	19	09/10/01
Az.20 - Merì	20	09/10/01
Terme Vigliatore	FF	11/10/01
S.Paolo - Barcellona P.G.	T	11/10/01
Raffineria / Centrale - Milazzo	M	11/10/01

Tab. 4.18 Campionamenti di prodotti ortofrutticoli per determinazioni analitiche di elementi tossici

Azienda/Località	Codice	Coltura prelevata	Data prelievo
Az. 1 - S.Pier Niceto	1	arancia	09/05/01
Az. 2 - Monforte S.Giorgio	2	arancia	09/05/01
Az. 6B - S.Pier Niceto	6B	patata	09/05/01
Az. 6B - S.Pier Niceto	6B	zucchina	11/07/01
Az.14 - Gualtieri Sicaminò	14	oliva	09/10/01
Az.14A - Gualtieri Sicaminò	14A	arancia	10/05/01
Az.15 - S.Filippo del Mela	15	oliva	09/10/01
Az.15 - S.Filippo del Mela	15	limone, nespola	10/05/01
Milazzo	16	melanzana	11/07/01
Milazzo	16	pomodoro	11/07/01
Az.18 - S.Pier Niceto	18	oliva	10/10/01
Az.19 - S.Lucia del Mela	19	oliva	09/10/01
Az.20 -	20	insalata	11/07/01
Az.21 - Barcellona P.G.	21	insalata	08/05/01
Az.21A - Milazzo	21A	pisello	08/05/01
Az.21A - Milazzo	21A	pomodoro	10/07/01
Az.26A - Condò	26A	oliva	09/10/01
Az.26 - Castoreale	26	limone	10/05/01
Az.26 - Castoreale	26	oliva	10/10/01
Az.31 - Rometta	31	melanzana	10/07/01
S.Paolo - Barcellona P.G.	T	oliva	11/10/01
Mazzarrà	BI	oliva	11/10/01
Terme Vigliatore	FF	oliva	11/10/01
Raffineria/Centrale - Milazzo	M	oliva	11/10/01

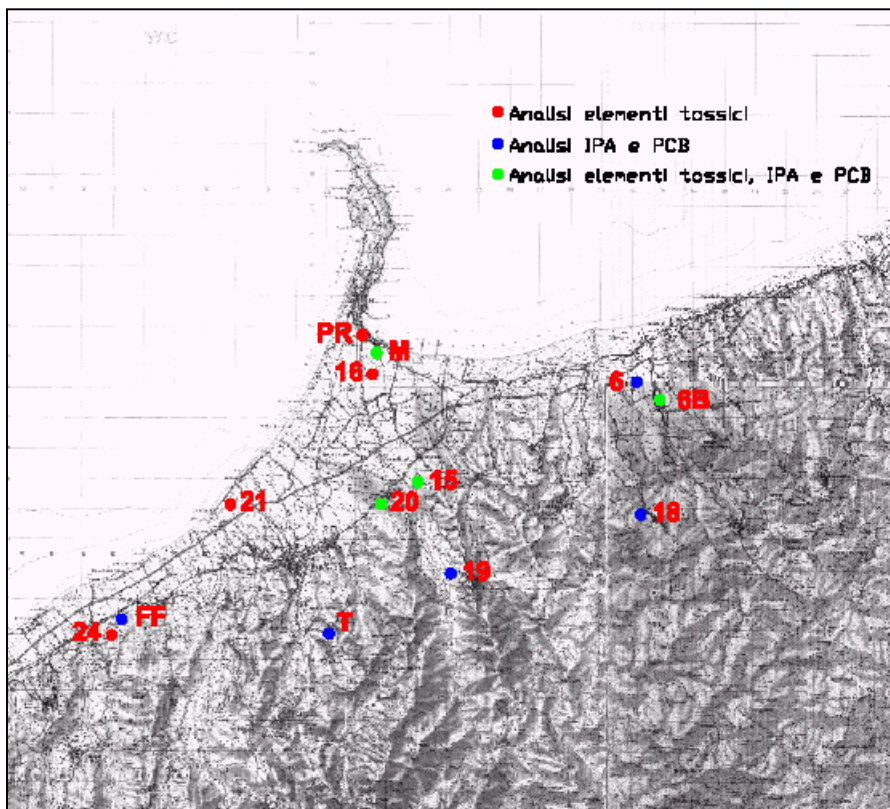


Fig. 4.12 Siti di campionamento di suoli per analisi di elementi tossici ed IPA

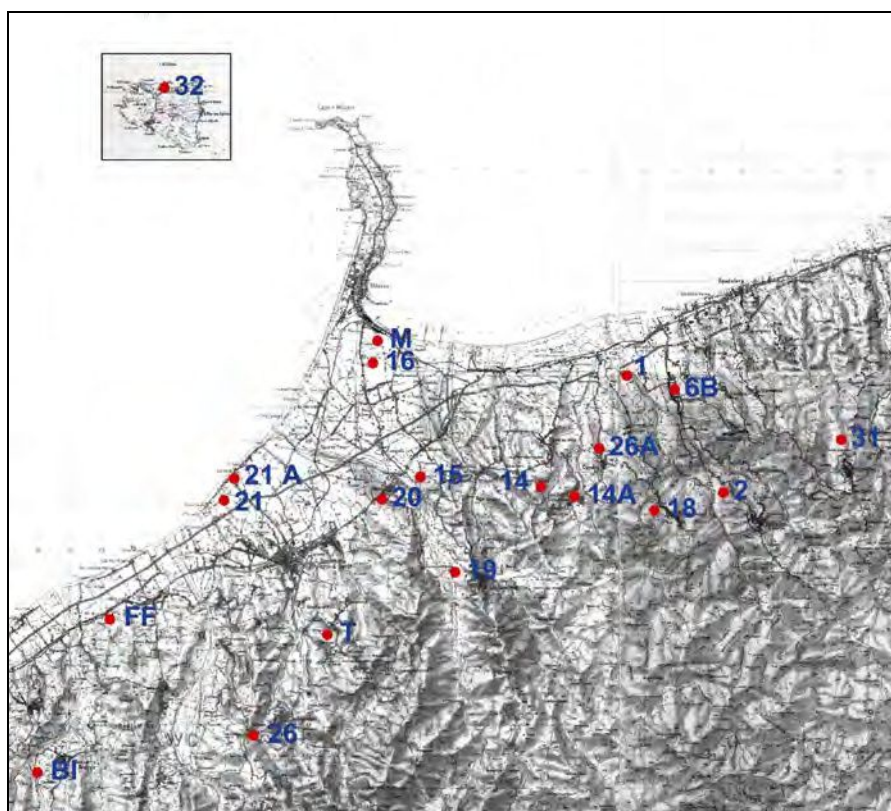


Fig. 4.13 Siti di campionamento di prodotti agricoli

Al fine di ottenere una rappresentatività dei campioni analizzati si è adottata una procedura di campionamento che prevedeva prima la raccolta di campioni elementari (5-15 a seconda dell'estensione della zona) prelevati in punti diversi, quindi la loro miscelazione a formazione di un campione globale (tipicamente 5 kg di suolo e 15 kg di prodotto per aree agricole di 1000-5000 m²) e successivamente, da questo, la preparazione di un campione di laboratorio (ca. 1kg) ottenuto per quartazione. Il campione di laboratorio è stato poi ulteriormente omogeneizzato al fine di ottenere aliquote analitiche rappresentative dell'intero campione.

Per la determinazione di Al, As, Cr, Mn, Ni e V è stata impiegata la tecnica di Analisi per Attivazione Neutronica (INAA), utilizzando il reattore TRIGA – MARK II dell'ENEA – Casaccia come sorgente di neutroni, mentre per le determinazioni analitiche dei contenuti di Pb e Cd si è impiegata la tecnica di Spettrofotometria di Assorbimento Atomico (ET-AAS), dopo mineralizzazione dei campioni con sistema a microonde ad alta pressione.

Al fine di verificare l'accuratezza analitica delle metodologie impiegate sono stati utilizzati materiali di riferimento certificati di composizione quanto più possibile simile ai campioni da analizzare.

Per la determinazione di IPA si è impiegata la tecnica di gas-cromatografia (GC) utilizzando tre diversi tipi di rivelatori: ionizzazione a fiamma (GC-FID), ionizzazione a cattura di elettroni (GC-ECD) e spettrometro di massa (GC-MS), dopo aver sottoposto i campioni alle opportune procedure di estrazione e di purificazione, utilizzando standard per la valutazione del recovery.

4.3.2 Residui di elementi tossici nei suoli

Risultati sperimentali

I valori delle concentrazioni di elementi potenzialmente tossici presenti nei campioni dei suoli analizzati sono riportati in **Tab. 4.19**.

Tab. 4.19 Concentrazioni di elementi tossici nei suoli (in mg/g o in µg/g di peso secco)

Azienda/Località	Al	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	V
	mg/g	µg/g	µg/g	µg/g	mg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Az. 6B - S.Pier Niceto	84,7	3,9	0,33	79,5	7,9	23,2	14	112
Az.15 - S.Filippo del Mela	80,0	10,9	0,13	60,0	6,6	24,3	26	122
Az.16 - Milazzo	84,3	16,4	0,44	87,8	8,8	32,4	33	116
Az. 20 - Meri	81,9	10,2	0,28	79,6	7,5	39,8	27	114
Az. 21 - Barcellona P.G.	75,8	11,4	0,55	61,9	8,0	18,5	33	93
Raffineria - Centrale (Milazzo)	79,8	12,7	0,25	63,1	10,9	n.r.	28	118
Parcheggio Raffineria (Milazzo)	65,6	4,1	0,34	46,7	5,0	22,3	37	64

n.r. = non rilevabile

In **Fig. 4.14**, dove si riportano per ciascun elemento le variazioni rispetto alla media dei valori trovati nei diversi siti, è rappresentato il confronto tra i contenuti di elementi potenzialmente tossici analizzati nei suoli.

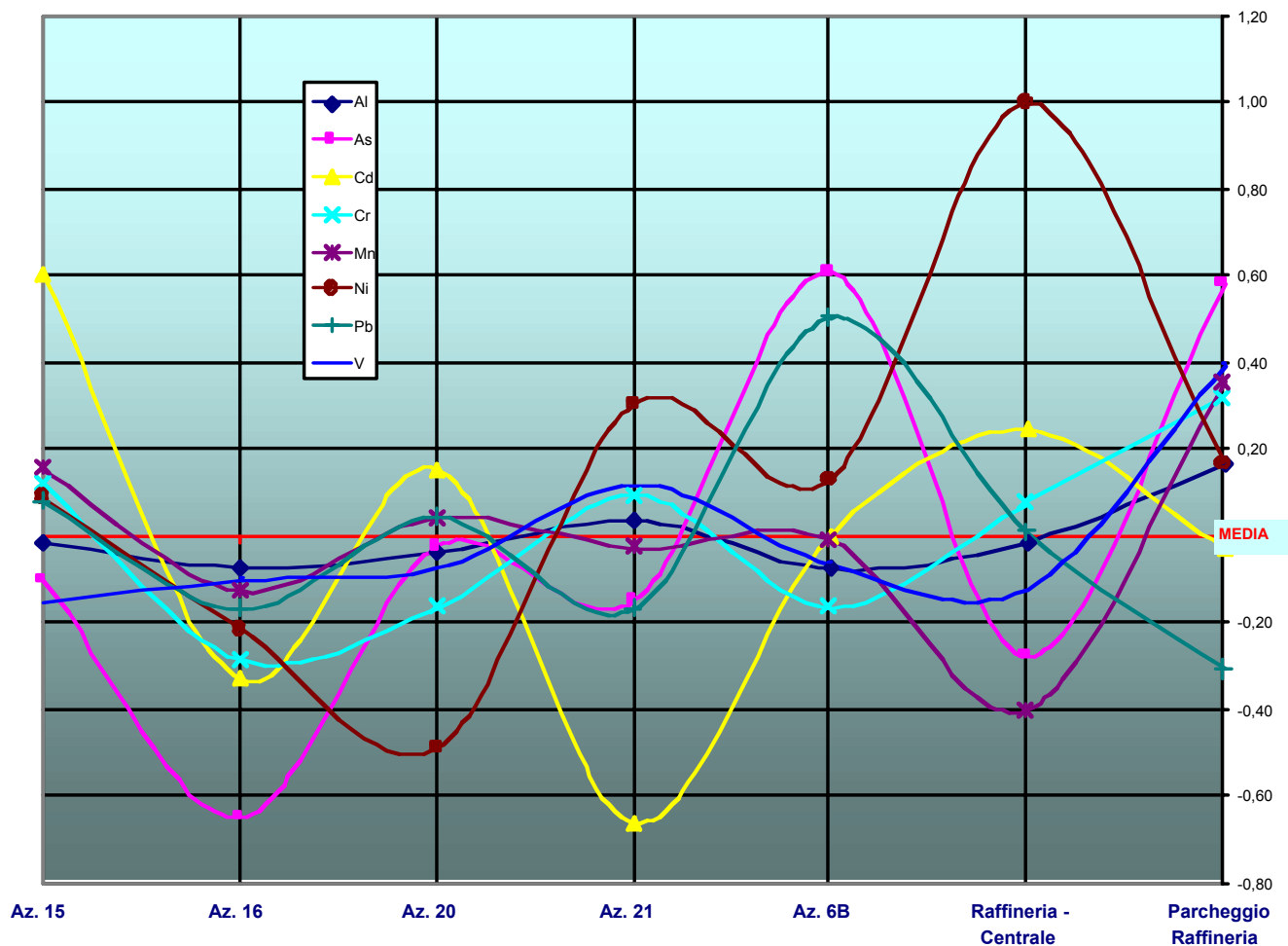


Fig. 4.14

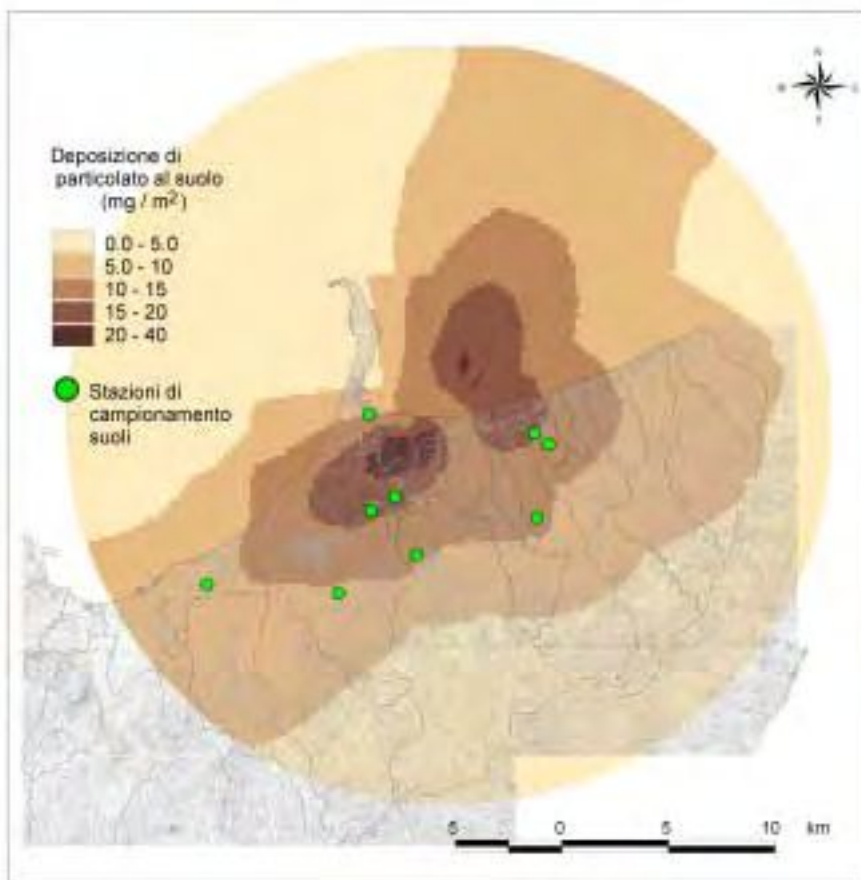
Valutazione dei risultati sperimentali

Appare subito evidente che non vi sono differenze sostanziali nella composizione di suoli prelevati in siti diversi relativamente agli elementi considerati e non si evidenziano correlazioni particolarmente significative tra il contenuto dei vari elementi.

Tale fatto sembra non trovare piena corrispondenza con le concentrazioni delle deposizioni di particolato al suolo (espresse in $\text{mg/m}^2 \times \text{anno}$) stimate con l'utilizzo del modello (**Fig. 4.15**).

Da tale rappresentazione, infatti, ci si sarebbe aspettati un accumulo di elementi tossici soprattutto nei suoli prelevati nei siti 15 (S.Filippo del Mela), 20 (Meri) e 16 (Milazzo), cui corrispondono le più elevate concentrazioni di particolato al suolo ($20\text{-}40 \text{ mg/m}^2 \times \text{anno}$).

Fig. 4.15 Deposizioni di particolato al suolo ($\text{mg}/\text{m}^2 \times \text{anno}$)



Le concentrazioni degli elementi tossici misurate sperimentalmente sono state paragonate con i valori di concentrazione limite accettabili previsti nell'Allegato 1 del DM n. 471 del 25 ottobre 1999 per siti destinabili ad uso verde pubblico, privato e residenziale (**Tab. 4.20**).

Tab. 4.20 Valori di concentrazione limite accettabili nel suolo

Composti inorganici	Concentrazioni (mg kg^{-1} espressi come sostanza secca)
Arsenico	20
Cadmio	2
Cromo totale	150
Nichel	120
Piombo	100
Vanadio	90

Fonte: DM 471/1999 (Allegato 1)

Dal confronto appare evidente che le concentrazioni di elementi tossici misurate nei campioni di suoli esaminati sono tutte al di sotto dei limiti corrispondenti previsti nel citato Decreto del Ministero dell'Ambiente, tranne per quanto riguarda il vanadio, che li supera in quasi tutti i campioni analizzati.

I contenuti di cadmio, piombo e nichel sono stati paragonati, poi, con il tenore degli stessi in terreni agricoli italiani non inquinati (**Tab. 4.21**).

Tab 4.21 Tenore di Cd, Ni e Pb in terreni agricoli non inquinati

ELEMENTO	LIVELLO DI METALLI PESANTI					INTERVALLO DI ATTENZIONE
	Totale (ppm)			Assimilabile (ppm)		
	Min.	Max.	Media	Min.	Max.	Totale (ppm)
Cadmio	0,5	0,7	0,6	0,2	1,1	1,7 - 5
Nichel	3	120	50	1	10	120 - 150
Piombo	2	100	18	0,5	1,8	300 - 400

Fonte: Ferraresi A., Corticelli C., 2002.

I dati sperimentali devono essere confrontati con il livello di concentrazione totale, dal momento che non è stato determinato il livello di concentrazione assimilabile degli elementi. Anche in questo caso i dati sperimentali confermano ulteriormente il basso contenuto dei contaminanti considerati nei suoli presi in esame. Infatti, il Cd è presente in quantità inferiori ai livelli minimi tipici (e dunque sempre in quantità notevolmente inferiori al valor minimo dell'intervallo di attenzione) e solo nel campione prelevato a Barcellona P.G. si osserva un valore di poco superiore al livello minimo di concentrazione tipica.

Le concentrazioni di Ni misurate sono tutte nettamente inferiori alla media e quelle di Pb sono di poco superiori a quella tipica media ma nettamente inferiori a quella massima.

Per valutare il contributo delle emissioni delle grandi sorgenti puntiformi alle concentrazioni di elementi tossici nei suoli, è stata considerata la percentuale di Ni, V e Cd presente nelle emissioni di particolato di una centrale a olio combustibile, che sono costituite mediamente dal 9.2% di V, dal 2.5% di Ni e dallo 0.13% di Cd (Pinchera et al., 1984).

Se si considerano le ricadute di particolato in alcune aree del territorio in studio, ad esempio a Barcellona P.G., le concentrazioni di V, Ni e Cd che derivano da un deposito totale di particolato pari a 20 mg/m² anno nel sito di prelievo del terreno (**Fig. 4.15**), sono rispettivamente pari ad 1.84 mg/m² anno di V, 0.5 mg/m² anno di Ni e 0.026 mg/m² anno di Cd mg/m² anno. Prendendo in esame, poi, l'accumulo di tali deposizioni in un volume di 1 m² x 20 cm = 200 l di massa 200 x la densità del terreno (che si assume mediamente pari a 1,300 kg/l), si ricavano le seguenti concentrazioni:

$$V: 1.84 \text{ mg}/200 \cdot 1,3 = 0,0070 \text{ ppm}$$

$$Ni: 0.5 \text{ mg}/200 \cdot 1,3 = 0,0019 \text{ ppm}$$

$$Cd: 0,026 \text{ mg}/200 \cdot 1,3 = 0,0001 \text{ ppm}$$

Considerando ora i valori di concentrazione misurati nei suoli del sito di Barcellona P.G. (**Tab. 4.19**), si ha: per il V, 92.93 ppm; per il Ni 118,51 ppm e per il Cd 1.1. ppm.

Ciò significa che l'accumulazione di 100 anni di deposito di particolato contribuirebbe ad una concentrazione di V pari a 0,92 ppm, che corrisponde ad appena l'1% della concentrazione misurata; per il Ni a 0.25 ppm e per il Cd a 0,013 ppm, che corrispondono rispettivamente all'1,4% ed all'1,3% delle concentrazioni misurate.

Dunque il contributo delle ricadute delle grandi sorgenti di emissioni (centrale termoelettrica e raffineria) derivante da una distribuzione di elementi nel particolato pari a quello delle emissioni della combustione dell'olio combustibile è trascurabile rispetto a quello già esistente nel suolo o comunque proveniente da altre fonti di emissione.

Volendo calcolare con lo stesso procedimento le ricadute di altri tre elementi tossici presenti ad esempio nei terreni di Merì, e cioè il Cr, il Pb e il Mn, si ricava che le loro percentuali nel particolato emesso dalla combustione di olio combustibile sono pari rispettivamente allo 0,075%, allo 0,2% ed allo 0,077%.

Ciò significa che le ricadute a Merì, dove si stima una deposizione al suolo di circa 40 mg/m² anno (**Fig. 4.15**), sono rispettivamente 3,0 8,0 e 3,1 · 10⁻² mg/m² · anno, che determinano un incremento di concentrazioni per anno in uno spessore di suolo di 20 cm di 3 · 10⁻² mg/200 · 1,3 pari a 1,2 · 10⁻⁴ ppm per il Cr; 8 · 10⁻² /200 · 1,3 per il Pb (pari a 3 · 10⁻⁴ ppm) ed infine 3,1 · 10⁻² /200 · 1,3 per il Mn (pari a 1,2 · 10⁻⁴ ppm).

Le concentrazioni sperimentali degli stessi elementi sono, d'altra parte, rispettivamente uguali a 79,6 ppm, 27 ppm e 746 ppm (**Tab. 4.19**).

Rispetto a tali concentrazioni i contributi percentuali delle deposizioni calcolati per un periodo di 100 anni sono dell'1,8 · 10⁻² % per il Cr, del 6,8 · 10⁻² % per il Pb e dello 0,2 · 10⁻² % per il Mn e sembrano ancora una volta trascurabili rispetto ai contenuti totali del suolo (naturalmente o provenienti da deposizioni causate da altre emissioni).

Su tali aspetti è anche utile un confronto con i dati di Polveri Totali Sospese misurate nel decennio 1991-99 dall'Amministrazione Provinciale di Messina. I valori medi di tale periodo delle medie aritmetiche annue misurate nelle diverse stazioni sono riportate di seguito (**Tab. 4.22**):

Tab. 4.22 Dati della Rete della Provincia Regionale di Messina. Concentrazioni di Particolato Totale Sospeso nel decennio 1991-1999

COMUNE	Media annua (µg/m ³)
S. Lucia del Mela	31,3
S. Filippo del Mela (C/da Angeli)	35,4
S. Filippo del Mela (C/da Archi)	29,0
Milazzo (ospedale)	35,4
Milazzo (porto)	39,3
Pace del Mela (C/da Mandravecchia)	28,0
Pace del Mela (C/da Giammoro)	29,3
Condrò	29,8
Valdina (due anni)	59,5

Le concentrazioni stimate dal modello, che sono rappresentate in **Fig. 4.16** risultano di un ordine di grandezza circa inferiori di quelle determinate sperimentalmente nelle stazioni di monitoraggio dell'Amministrazione Provinciale di Messina elencate in **Tab. 4.22**.

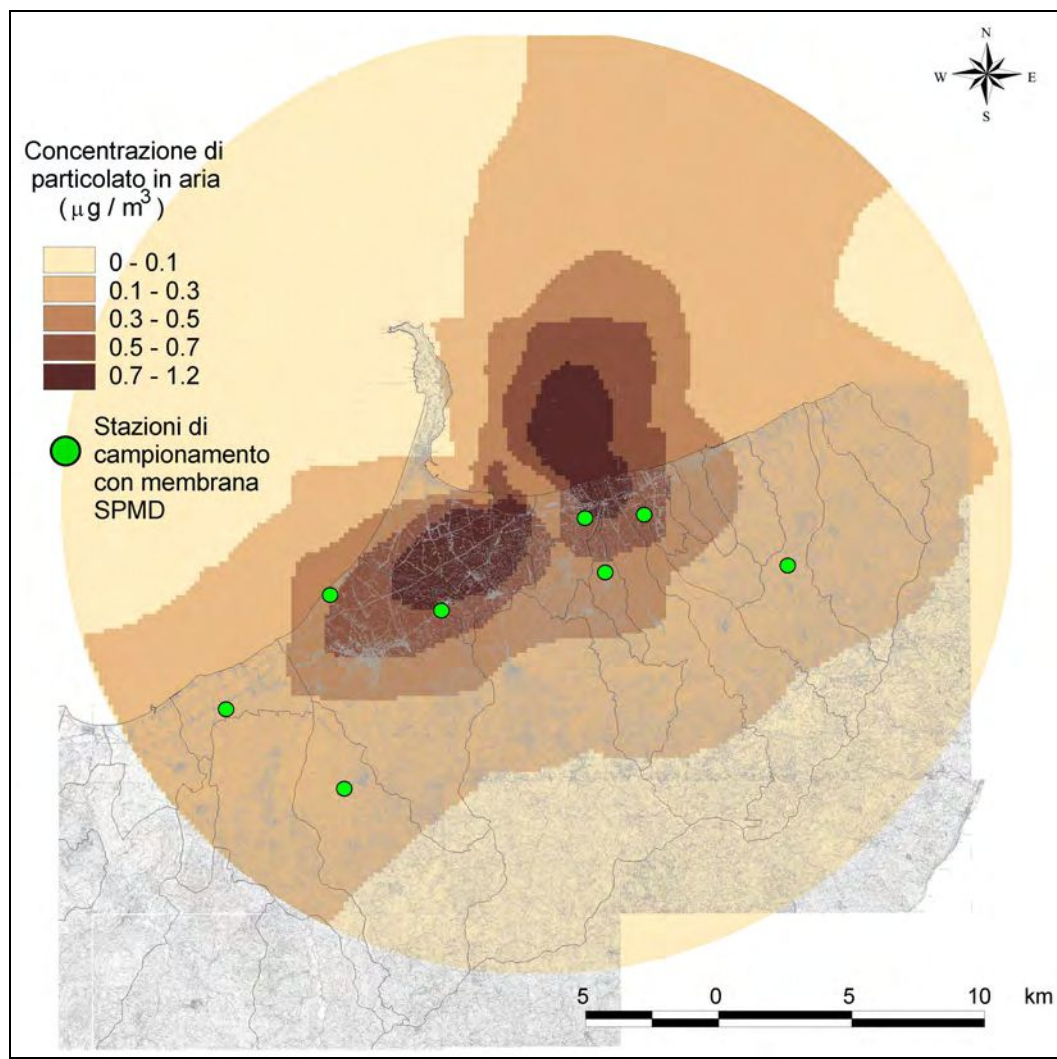


Fig. 4.16 Concentrazioni stimate di particolato in aria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

È da considerare, inoltre, che una valutazione più significativa della qualità dei suoli agricoli e dei prodotti agroalimentari e del conseguente rischio di assunzione di elementi tossici attraverso la catena alimentare sarebbe meglio determinata più che dalla valutazione del contenuto di detti elementi nei suoli, dalla misura della frazione biodisponibile, ossia quella direttamente assimilabile dalla pianta. Tale frazione dipende, oltre che dalla forma chimica in cui l'elemento è presente nel suolo, anche da altri parametri chimico-fisici, che possono intervenire nel processo di trasporto suolo-pianta. Prendendo in considerazione la frazione biodisponibile, inoltre, il contributo delle ricadute delle grandi sorgenti di emissione potrebbe assumere in tal senso un ruolo più rilevante.

4.3.3 – Residui di IPA nei suoli

Risultati sperimentali

Per quanto riguarda gli IPA, nei campioni di suoli prelevati sono state misurate le concentrazioni di pirene ed antracene poiché altri IPA, quali naftalene, benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, fluorantene, fluorene e benzofluorantene erano presenti in tracce (**Tab. 4.23**)

Tab. 4.23 Concentrazioni ($\mu\text{g/g}$) di IPA nei suoli

Azienda/Località	IPA	
	Antracene ($\mu\text{g/g}$)	Pirene ($\mu\text{g/g}$)
Az.6 - Torregrotta	10,5	39,3
Az.6B -S. Pier Niceto	3,1	3,4
Az.15 -S.Filippo del Mela	9,8	1,4
Az.18 -S. Pier Niceto	9,2	1,4
Az.19 - S. Lucia del Mela	12,7	9,9
Az.20 - Merì	4,8	2,9
Az.F.-Terme Vigliatore	103,8	52,8
Az. L. T.-S.Paolo	4,7	1,3
Raffineria-Centrale (Milazzo)	12,2	3,3

Valutazione dei risultati

Osservando la **Tab. 4.23** occorre notare che l'antracene non rientra tra i composti aromatici policiclici considerati dalla normativa (DM 471/99). Per il pirene alcuni dei campioni prelevati (S. Pier Niceto, S. Filippo del Mela, Merì, S.Paolo e Milazzo) indicano concentrazioni inferiori a quelle che nel decreto corrispondono al limite per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (pari a 5 mg/kg s.s.) mentre i campioni prelevati a S.Lucia del Mela, Torregrotta e Terme Vigliatore rientrerebbero nei limiti indicati per siti ad uso commerciale ed industriale (50 mg/kg s.s.).

Da un punto di vista delle caratteristiche mutagene e cancerogene pirene ed antracene sono definiti dallo IARC di Classe 3, nella quale sono riportate le "sostanze di cui non si hanno sufficienti informazioni per una corretta valutazione" e dunque non associate a rischi rilevanti per la salute umana almeno finché non emergano nuovi risultati tossicologici dalla ricerca.

Gli IPA analizzati, di cui sono state rilevate soltanto tracce, presentano le seguenti caratteristiche di genotossicità:

- il benzo(a)antracene è classificato dall'Ag. Int. per le Ricerche sul Cancro delle Nazioni Unite (IARC) di classe 2 A¹⁾, ovvero probabile cancerogeno per l'uomo;
- il benzo(a)pirene è anch'esso di classe 2A ed inoltre mutageno di seconda categoria per la classificazione UE;
- il benzofluorantene ed il naftalene sono di classe 2B²⁾ secondo IARC, ovvero possibili cancerogeni per l'uomo.

Per quanto attiene ai PCB i dati sperimentali ottenuti sugli stessi campioni di suolo nei quali sono stati analizzati gli IPA esigono ulteriori verifiche sperimentali, mirate ad una completa attendibilità dei dati stessi.

¹⁾ Gruppo 2A – Classificazione IARC: Probabile cancerogeno - limitata evidenza di effetti cancerogeni nell'uomo (per limitati studi o assenza di studi epidemiologici) e sufficiente evidenza di effetti cancerogeni sugli animali da esperimento. In questo caso i meccanismi coinvolti nel processo di cancerogenicità negli animali sono gli stessi che operano nell'uomo.

²⁾ Gruppo 2B – Classificazione IARC: Possibile cancerogeno - limitata evidenza di effetti cancerogeni sull'uomo (per limitati studi o assenza di studi epidemiologici) e limitata evidenza di effetti cancerogeni sugli animali da esperimento.

4.3.4 – Residui di elementi tossici nei prodotti ortofrutticoli

Le concentrazioni (espresse in ppm di peso fresco) degli elementi potenzialmente tossici determinate nei prodotti agricoli sono riassunte nelle tabelle seguenti.

Tab. 4.24 Contenuto di elementi tossici in prodotti agricoli (ppm-peso fresco)**I Campionamento**

Campioni	Azienda/Località	Al	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	V
Insalata	Az. 21 - Barcellona P.G.	7,2	n.r.	0,019	0,04	0,81	n.r.	0,012	0,02
Piselli	Az. 21A - Milazzo	6,5	n.r.	0,013	0,12	2,77	0,23	0,06	n.r.
Patate	Az. 6B - Torregrotta	6,3	0,004	0,037	0,13	1,24	n.r.	0,06	0,02
Nespole	Az. 15 - S. Filippo del Mela	1,3	0,002	0,009	0,14	0,42	n.r.	0,08	n.r.
Arance	Az. 1- S.Pier Niceto	1,2	0,001	0,006	0,08	0,27	n.r.	0,18	n.r.
	Az. 2 - Monforte S.Giorgio	1,2	0,001	0,001	0,09	0,28	n.r.	< 0,02	n.r.
	Az. 14A - Gualtieri Sicaminò	1,2	n.r.	0,016	0,06	0,21	n.r.	< 0,04	n.r.
Limoni	Az. 15 - S. Filippo del Mela	1,2	n.r.	0,004	0,06	0,34	n.r.	0,029	n.r.
	Az. 26A - Condrò	1,8	0,002	0,005	0,08	0,34	n.r.	0,07	0,003

n.r. = non rilevabile

Tab. 4.25**II Campionamento**

Campioni	Azienda/Località	Al	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	V
Insalata	Az.20 - Meri	1,9	n. r.	0,029	0,005	1,99	0,012	< 0,04	0,010
Zucchine	Az.6B - Torregrotta	2,2	0,001	0,002	0,003	0,41	0,015	0,007	0,002
Melanzane	Az.16 - Milazzo	1,6	0,006	0,030	0,008	1,19	0,024	0,02	n. r.
	Az.31- Rometta	4,3	n. r.	0,055	0,013	1,19	0,019	0,05	0,003
Pomodori	Az.16 - Milazzo	4,2	n. r.	0,011	0,012	1,55	0,034	< 0,01	0,011
	Az.21A - Barcellona P.G.	1,7	n. r.	0,014	0,01	0,78	0,011	< 0,01	n.r.

n.r. = non rilevabile

Tab. 4.26**III Campionamento**

Campioni	Azienda/Località	Al	As	Cd	Cr	Mn	Ni	Pb	V
Olive	Az.14 - Gualtieri Sicaminò	3,9	n.r.	0,005	0,07	1,32	0,14	< 0,1	n.r.
	Az.15 - S. Filippo del Mela	4,2	n.r.	0,022	0,16	1,15	0,36	< 0,1	n.r.
	Az.18 - S. Pier Niceto	4,7	n.r.	0,015	n.r.	1,39	n.r.	0,4	n.r.
	Az.19 - S. Lucia del Mela	3,7	0,015	0,048	n.r.	1,41	0,24	< 0,1	n.r.
	Az.26 - Castoreale	3,8	n.r.	0,013	0,16	1,97	n.r.	< 0,2	n.r.
	Az.26A - Condò	2,2	n.r.	0,008	0,14	1,75	n.r.	0,2	n.r.
	Az. T - Barcellona P.G.	6,0	0,016	0,008	0,18	1,30	0,20	< 0,2	n.r.
	Az.B. - Mazzarrà	5,0	n.r.	0,038	0,14	1,89	n.r.	0,2	n.r.
	Az. F. F. - Terme Vigliatore	2,9	n.r.	0,010	0,10	1,3	n.r.	< 0,1	n.r.
	Raffineria /Centrale - Milazzo	4,7	n.r.	0,018	0,15	1,54	0,38	< 0,1	0,032

n.r. = non rilevabile

È noto che l'assimilazione di elementi tossici per via radicale e attraverso la parte aerea della pianta è diversa nelle varie specie. Dunque il confronto tra specie diverse coltivate in siti diversi non è significativo per definire le relazioni con il differente grado di inquinamento atmosferico dei diversi siti.

Nei casi dove per la stessa specie sono stati prelevati campioni in diversi siti (arance, limoni, pomodori e olive) non si misurano concentrazioni più elevate di elementi tossici nei campioni prelevati nei siti che dovrebbero risultare più inquinati a causa delle emissioni delle sorgenti puntiformi (Centrale Termoelettrica, raffineria e cementificio) (**Fig. 4.17**).

Tali risultati sono in accordo con l'analisi precedentemente formulata nella quale le concentrazioni di elementi tossici dei suoli non sono correlate con i valori di deposizioni al suolo di elementi causate dalle emissioni delle sorgenti considerate.

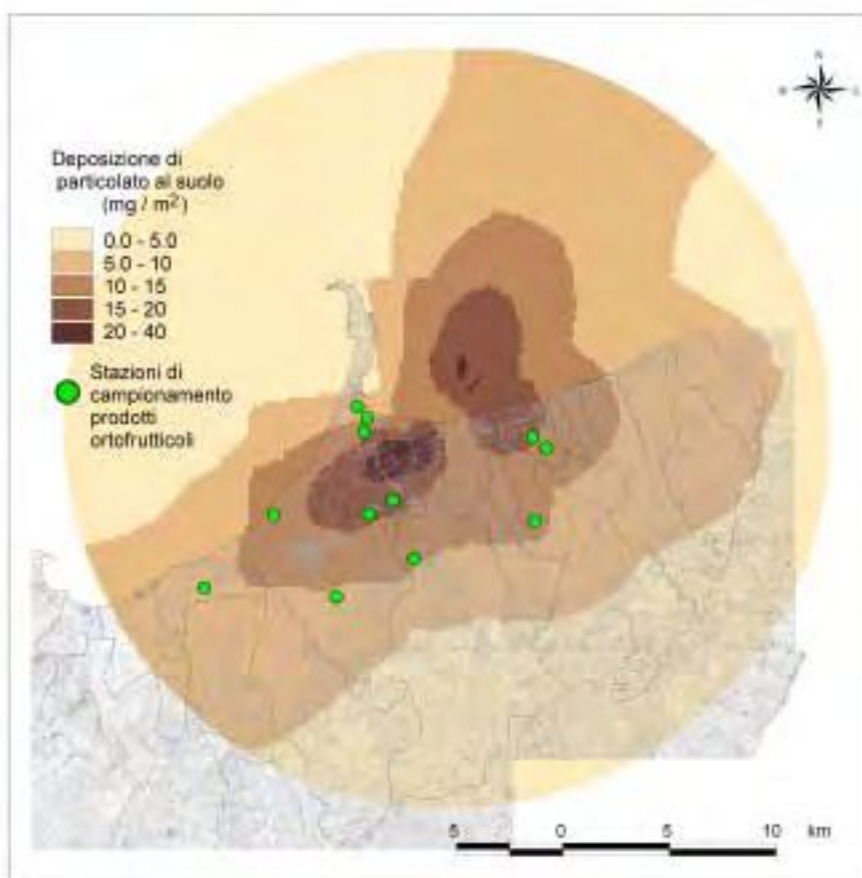


Fig. 4.17

Allo scopo di approfondire alcuni aspetti relativi alla qualità dei prodotti agricoli considerati e di valutare i possibili effetti derivanti alla salute umana dall'ingestione degli elementi in traccia in essi contenuti, si è fatto riferimento alla normativa vigente in materia e si è cercato di tradurre i dati ottenuti sperimentalmente in termini di rischio per il consumatore.

Si è ritenuto necessario, perciò, considerare in primo luogo il Regolamento (CE) N. 466/2001 della Commissione delle Comunità Europee (entrato in vigore il 5 aprile 2002), che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti presenti nei prodotti alimentari, tra i quali il Pb ed il Cd.

Per quanto riguarda il primo, infatti, la Comunità afferma che “l'assorbimento di piombo può costituire un grave rischio sanitario, può ostacolare lo sviluppo del processo cognitivo e delle prestazioni intellettuali nei bambini, nonché aumentare la pressione sanguigna e le patologie cardiovascolari negli adulti”, mentre “il cadmio può essere accumulato nel corpo umano e comportare disfunzioni renali, danni a carico dello scheletro e carenze dell'apparato riproduttore e peraltro non è possibile escludere una sua eventuale azione cancerogena”. La stessa Comunità afferma, perciò, che “è opportuno proseguire nell'azione a lungo termine allo scopo di ridurre ulteriormente il tenore medio di piombo nei prodotti alimentari” e ritiene necessario intensificare gli sforzi “per ridurre l'esposizione alimentare al cadmio, dal momento che i prodotti alimentari sono la fonte principale dell'assunzione umana di cadmio”.

I tenori massimi di Pb e Cd stabiliti nella suddetta normativa per i prodotti vegetali sono evidenziati in **Tab. 4.27** ed in **Tab. 4.28**.

Tab. 4.27 Tenori massimi di Pb nei prodotti vegetali

Prodotto	Tenore massimo di Pb (mg/kg di peso fresco)
Cereali, legumi e leguminose	0,2
Ortaggi, fatta eccezione per cavoli; ortaggi a foglia, erbe aromatiche e tutti i tipi di funghi. Nel caso delle patate ci si riferisce a patate sbucciate	0,1
Cavoli, ortaggi a foglia e funghi coltivati	0,3
Frutta, escluse bacche e frutta di piccole dimensioni	0,1
Bacche e frutta di piccole dimensioni	0,2
Oli e grassi	0,1

Fonte: Reg. (CE) n. 466/2001 e successive modifiche

Tab. 4.28 Tenori massimi di Cd nei prodotti vegetali

Prodotto	Tenore massimo di Cd (mg/kg di peso fresco)
Cereali (esclusi crusca, germi di frumento e riso)	0,1
Ortaggi e frutta, esclusi ortaggi a foglia, erbe aromatiche, tutti i tipi di funghi, ortaggi a stelo, ortaggi da radice e patate	0,05
Ortaggi a foglia, erbe aromatiche, sedano rapa e tutti i funghi coltivati	0,2
Ortaggi stelo, ortaggi da radice e patate. Nel caso delle patate ci si riferisce a patate sbucciate	0,1

Fonte: Reg. (CE) n. 466/2001 e successive modifiche

Come si può vedere dal confronto tra i dati sperimentali (**Tab. 4.24-25 e 26**) ed i limiti di legge, i prodotti analizzati presentano per lo più concentrazioni di Pb e Cd notevolmente inferiori a quelli previsti dalla normativa citata.

Allo scopo di considerare gli aspetti afferenti ai possibili effetti derivanti alla salute umana dall'ingestione degli elementi in traccia presenti nei campioni dei prodotti agricoli analizzati e di tradurre i dati ottenuti sperimentalmente in termini di rischio per il consumatore, sono state calcolate le quantità di ogni elemento potenzialmente tossico che ingerirebbe in un giorno un individuo di peso medio di 60 Kg che assumesse tali prodotti in quantità paragonabili a quelle indicate in una dieta italiana media. Tali quantità (Turrini A. et al., 2001) sono specifiche per i singoli prodotti considerati e sono riferite al consumo medio giornaliero pro capite per la popolazione italiana

Le quantità ingerite sono state, quindi, confrontate con i limiti di tossicità OMS corrispondenti.

Nell' eseguire i calcoli numerici necessari per tali valutazioni nei casi in cui le concentrazioni di uno stesso elemento non fossero state rilevabili in tutti i campioni analizzati sono state comunque utilizzate le medie delle concentrazioni presenti nei campioni nei quali si è ottenuto il dato numerico e ciò sempre nell'ottica di effettuare una stima approssimata sicuramente per eccesso.

Si è supposto, infine, che dalla lavorazione delle olive si ottenesse una resa media di olio pari a circa il 20%.

I rapporti percentuali - fra la dose di ogni elemento ingerita giornalmente con la dieta ed i rispettivi limiti di tossicità - che sono stati ottenuti (**Tab. 4.29**) permettono di valutare accettabile la qualità dei prodotti agroalimentari considerati in quanto i residui degli elementi tossici esaminati sono al di sotto della soglia di rischio per il consumatore.

È necessario, comunque, tener presente che nella dieta altri apporti degli stessi elementi possono derivare anche dall'assunzione dei prodotti cerealicoli, carni, lattiero-caseari e dall'acqua potabile.

Tab. 4.29 Quantità di elementi in traccia assunte da consumatori di prodotti ortofrutticoli

	Al (mg/die)	As (µg/die)	Cd (µg/die)	Cr (µg/die)	Mn (mg/die)	Ni (µg/die)	Pb (µg/die)	V (µg/die)	Consumo giornaliero* (g/die)
Arance	0,029	0,02	0,19	1,88	6,61	n.r.	4,25	n.r.	23,62
Insalata	0,163	n.r.	0,86	0,79	50,44	4,32	0,43	0,54	36,03
Limoni	0,002	0	0,01	0,15	0,52	n.r.	0,09	0,01	1,84
Melanzane	0,020	0,04	0,28	0,09	7,97	0,14	0,23	0,02	6,7
Nespole	0,001	0	0,01	0,01	0,03	n.r.	0,06	n.r.	0,8
Patate	0,250	0,16	1,48	5,2	49,6	n.r.	2,4	n.r.	40
Piselli	0,035	n.r.	0,07	0,65	14,96	1,24	0,32	n.r.	5,4
Pomodori	0,218	n.r.	0,89	0,74	85,84	1,63	n.r.	n.r.	74
Zucchine	0,036	0,01	0,02	0,04	5,05	0,18	0,09	n.r.	12,32
Olio	0,410	1,5	2,8	14	150	26	2,8	3,2	19,8
α (quantità tot.assunta/die)	1,16	1,74	6,61	23,53	0,37	33,52	10,68	3,90	
β (limiti - tossicità)	7 ¹⁾ (mg/Kg p.c./week)	15 ²⁾ (µg/Kg p.c./week)	7 ³⁾ (µg/Kg p.c./week)	250 ⁴⁾ (µg/die)		600 ⁵⁾ (µg/die)	25 ⁵⁾ (µg/Kg p.c./week)	200 ⁶⁾ (µg/die)	
% (α/β * 100)	1,95	1,35	11,02	9,41		5,59	2,99	1,95	

Fonti: Elaborazione ENEA da dati WHO (1996) ed INRAN

* I dati sono specifici per i singoli prodotti e sono riferiti al consumo medio giornaliero pro capite per la popolazione italiana (quantità al netto degli scarti)

¹⁾ assunzione settimanale tollerabile

²⁾ livello di sicurezza raccomandato per l'esposizione di individui adulti

³⁾ assunzione settimanale massima tollerabile

⁴⁾ limite superiore del range di sicurezza dei livelli medi di assunzione

⁵⁾ livello soglia per la tossicità

⁶⁾ quantità che hanno dimostrato di avere effetti farmacologici sull'uomo

p.c. = peso corporeo

n.r. = non rilevabile

Per il Cr, che è un oligoelemento ritenuto essenziale se assunto in determinate quantità, si può osservare che il consumo quotidiano dei soli prodotti considerati contribuirebbe ad un'assunzione giornaliera di cromo pari a circa il 43% di quello che l'OMS definisce essere il "minimo livello medio di assunzione riferito alla popolazione tale da soddisfare le esigenze normative, che si colloca intorno ai 33 µg/die" (WHO, 1966).

Il manganese, invece, è considerato un oligoelemento probabilmente essenziale e l'OMS fissa nel range 2,0-5,0 mg/die il suo livello di assunzione adeguato e sicuro per gli adulti. In base a ciò il consumo quotidiano degli ortofrutticoli in esame fornirebbe alla dieta un contributo quotidiano di Mn compreso tra il 7 ed il 14% del fabbisogno stimato per tale elemento.

4.4 Valutazione ecotossicologica degli inquinanti areodispersi campionati tramite Semipermeable Membrane Devices (SPMDs)

Risultati sperimentali

1^a campagna (luglio-agosto)

I risultati delle analisi ecotossicologiche degli estratti dalle membrane SPMDs sono mostrati in **Tab. 4.30** dove sono riportati i valori di EC50 (15 minuti di incubazione), con i limiti di confidenza ($p=0,05$) e il coefficiente di correlazione (R^2).

Tab. 4.30 : luglio-agosto

Aziende agricole	Località	EC50*	EC50 l.c.	R ²
Az. 25	Terme Vigliatore	0,64	0,62-0,67	0,99
Az.30	Pace del Mela	0,42	0,36-0,47	0,98
Az.31	Rometta	0,55	0,41-0,73	0,82
Az.21A	Milazzo	0,31	0,25-0,40	0,97
Az.26A	Condò	10,42	3,0-38	0,86
Az.6	Torregrotta	0,75	0,69-0,81	0,97
Az.20	Merì	0,55	0,51-0,59	0,98
Az.26	Castroreale	1,25	1,12-1,40	0,83

15 minuti EC50 : mg SPMD/ml, carrier : DMSO

Tutti i campioni analizzati hanno prodotto una consistente diminuzione della bioluminescenza batterica, come espresso dai bassi valori di EC50.

Questi ultimi non identificano un tipo particolare di distribuzione della tossicità rilevata, in quanto la maggior parte dei campioni estratti dalle SPMD inducono valori di EC50 compresi nell'intervallo tra 0,31 mg SPMD/ml e 0,75 mg SPMD/ml, indice di una tossicità piuttosto elevata.

Questi campioni risultano localizzati nei Comuni di Milazzo (cod.21A), di Pace del Mela (cod. 30), di Rometta (cod. 31), di Merì (cod.20), di Terme Vigliatore (cod. 25) e di Torregrotta (cod. 6).

Una diminuzione della tossicità è espressa dal campione di Castroreale (cod. 26), mentre un ulteriore e deciso abbassamento si osserva con il campione estratto dalla membrana posizionata a Condò (cod. 26 A).

2^a campagna (settembre-ottobre)

In **Tab. 4.31** sono riportati i valori di tossicità acuta ottenuti dall'analisi dei campioni estratti dalle membrane in seguito al secondo periodo di esposizione (settembre-ottobre).

Tab. 4.31 : settembre-ottobre

Aziende agricole	Località	EC50*	EC50 l.c.	R ²
Az.25	Terme Vigliatore	0,45	0,40-0,52	0,98
Az.30	Pace del Mela	1,48	1,42-1,55	0,98
Az.31	Rometta	0,43	0,37-0,50	0,97
Az.21A	Milazzo	0,72	0,69-0,76	0,99
Az.26A	Condrò	nt°	nt°	nt°
Az. 6	Torregrotta	0,42	0,36-0,48	0,97
Az.20	Merì	3,00	2,66-3,37	0,98
Az.26	Castroreale	1,12	1,05-1,19	0,96

15 minuti EC50 : mg SPMD/l, carrier : DMSO

° : non tossico

Analogamente a quanto detto in precedenza, anche i campioni della seconda campagna di esposizione delle SPMDs inducono effetti di tossicità acuta sul batterio *Vibrio fisheri*, ad eccezione del campione 26A, del Comune di Condrò, che risulta non tossico.

Tuttavia, la maggiore eterogeneità mostrata dai valori di EC50 della 2^a campagna consente di identificare delle priorità tra la tossicità espressa dai diversi campioni analizzati:

1. una tossicità più elevata, espressa dai più bassi valori di EC50 compresi nell'intervallo 0,42-0,75 mgSPMD/ml, è indotta dai campioni dei Comuni di Torregrotta (cod. 6), di Rometta (cod 31), di Terme Vigliatore (cod. 25) e di Milazzo (cod. 21A);
2. una tossicità intermedia, espressa dai campioni ottenuti dalle SPMDs esposte nei Comuni di Pace del Mela (cod. 30) e di Castroreale (cod. 26) ;
3. una tossicità minore espressa dal campione del Comune di Merì (cod. 20);
4. un'assenza di tossicità da parte del campione di Condrò (cod. 26A), come già riportato.

Valutazione dei risultati sperimentali

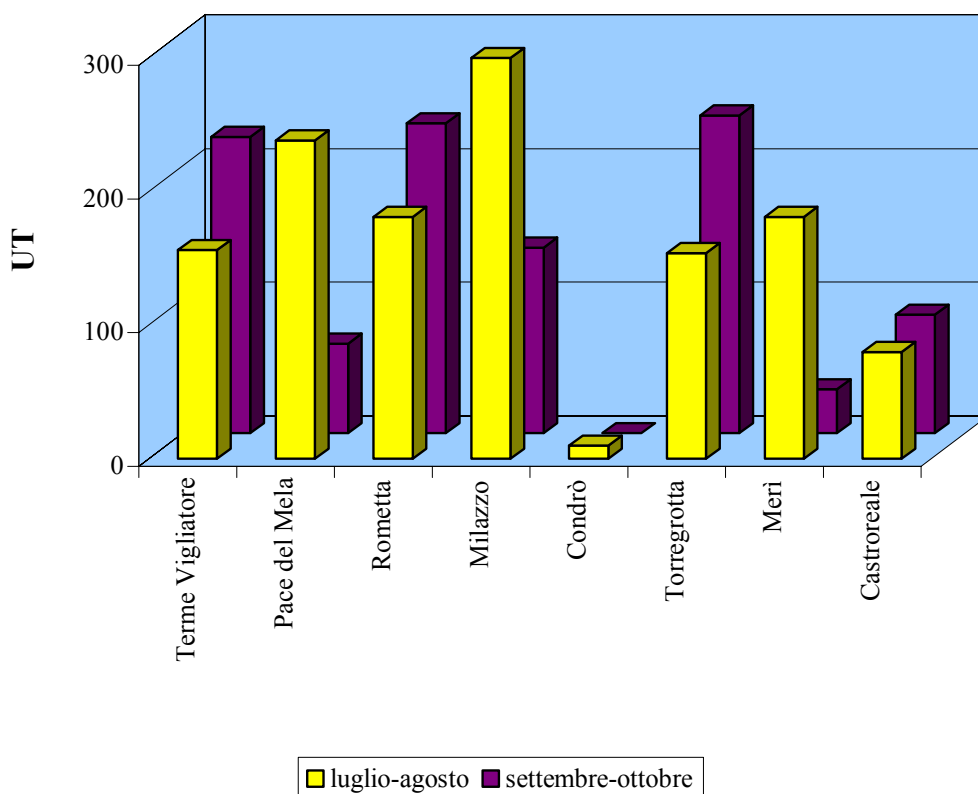
Un confronto tra gli andamenti della tossicità espressa dai campioni di inquinanti accumulati dalle SPMDs nei periodi di luglio-agosto e settembre-ottobre, è mostrato in **Fig. 4.17** I valori sono espressi come Unità di Tossicità (UT), definite come:

$$UT = 1/EC50 \times 100$$

In tal modo è possibile avere una relazione diretta tra la tossicità e il valore che la esprime.

Fig. 4.17

Confronto tra luglio-agosto e settembre-ottobre



Come si può osservare dal grafico, l'andamento della tossicità degli inquinanti organici areodispersi accumulati dalle membrane SPMDs nei due periodi di prelievo mostra un andamento variabile tra aumenti e diminuzioni, ad eccezione dell'unico campione localizzato a Castroreale, che conserva inalterata la sua tossicità.

L'andamento opposto si osserva per il campione di Condrò che, caratterizzato dall'induzione sui batteri della tossicità più bassa nel periodo luglio-agosto, risulta non tossico nel successivo periodo di esposizione delle membrane.

Il campione che in assoluto ha espresso la tossicità più elevata è stato accumulato dalla membrana esposta nell'azienda agricola di Milazzo, durante il periodo luglio-agosto.

Successivamente si osserva una diminuzione della tossicità indotta sui batteri dal carico inquinante accumulato nel periodo settembre-ottobre.

Un'analogia riduzione della tossicità, decisamente più netta, si osserva per i campioni di Merì e di Pace del Mela.

Un andamento opposto si ha, invece, per i campioni derivati dalle membrane esposte a Terme Vigliatore, Rometta e Torregrotta: la tossicità del periodo di esposizione settembre-ottobre è maggiore di quella rilevata nella campagna di luglio-agosto.

L'aumento osservato è costante per i tre campioni e, in generale, di minore intensità rispetto alle situazioni descritte precedentemente, in cui si osserva una diminuzione di tossicità tra le due campagne di prelievo.

Nell'indagine riportata sono stati valutati gli effetti tossici prodotti dalla componente biodisponibile degli inquinanti areodispersi nell'area di Milazzo, prodotti principalmente dal polo industriale presente nella zona in esame e campionata mediante l'utilizzo di un particolare metodo (SPMD) che risponde verosimilmente a ciò che "naturalmente" si verifica dall'incontro tra molecole xenobiotiche e substrato biologico.

La tossicità espressa dai batteri è una misura "aggregata" dell'insieme delle sostanze biodisponibili accumulate nel periodo di esposizione dalle membrane e, come tale, prende in considerazione gli effetti interattivi (additivi, sinergici, antagonistici) che possono manifestarsi tra esse.

Questa premessa è indispensabile nel valutare il confronto dei dati di Unità di Tossicità (UT) ottenuti con i batteri con le concentrazioni medie annuali di particolato atmosferico ottenuti dal modello matematico partendo dalle concentrazioni di SO₂ prodotta principalmente dalle emissioni della raffineria di Milazzo e suddivise in cinque intervalli arbitrari come riportato in **Fig. 4.18**.

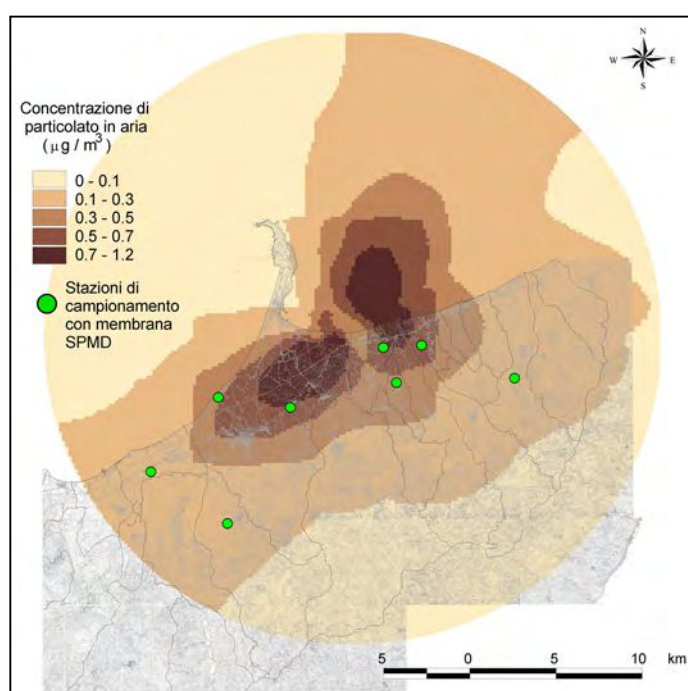


Fig. 4.18

Tale confronto, effettuato utilizzando il valore più elevato di UT prodotto dai campioni nelle due campagne di prelievo, evidenzia:

1. l'assenza di relazione tra le concentrazioni di particolato ed il valore di UT: infatti un'elevata concentrazione di contaminante non sempre è associata ad un alto valore di UT, così come a una bassa contaminazione corrisponde analogamente una tossicità elevata;
2. è possibile, tuttavia, osservare che i campioni dei Comuni di Torregrotta (cod.6), di Merì (cod. 20) e di Pace del Mela (cod. 30), compresi nell'area con le concentrazioni di particolato comprese tra 0,5-0,7 µg/m³, producono valori elevati di tossicità, mentre
3. i campioni con la tossicità più bassa, corrispondenti ai Comuni di Castoreale (cod. 26) e di Condrò (cod. 26A), sono compresi nell'area con intervalli di concentrazioni inferiori di particolato;
4. le eccezioni più rilevanti a quanto riportato nei punti 2 e 3 sono rappresentate dai campioni dei Comuni di Rometta (cod.31), di Milazzo (cod. 21A) e di Terme Vigliatore (cod. 25) che, pur esprimendo valori elevati di UT elevati (il campione di Milazzo esprime il valore

di UT in assoluto più alto), sono compresi nelle aree con concentrazioni di particolato comprese tra 0,1-0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le relazioni evidenziate tra la concentrazione di particolato e la tossicità possono essere spiegate sia con le caratteristiche del metodo di campionamento e con le modalità di espressione della tossicità, come precedentemente riportato, sia con la presenza di altri inquinanti ambientali in grado di accumularsi nelle membrane SPMD e produrre tossicità sui batteri.

Tra i possibili fattori ambientali, un ruolo importante può essere svolto dalle attività agricole presenti nel territorio e dal conseguente uso di pesticidi il cui accumulo nelle membrane può influire sull'effetto tossico risultante.

Un altro fattore ambientale in grado di contribuire a tale effetto è indubbiamente prodotto dalle emissioni del traffico veicolare.

Una considerazione a supporto di quanto detto si ottiene dal confronto dei valori di UT con i dati di particolato atmosferico misurati nel decennio '91-'99 dall'Amministrazione Provinciale di Messina (**Tab. 4.22**). I valori medi delle concentrazioni di particolato del decennio in esame si riferiscono all'inquinamento prodotto da tutte le fonti di emissione presenti nel territorio considerato (nove stazioni) e non soltanto dal polo industriale di Milazzo.

Tale confronto, anche se limitato a sole tre stazioni (Milazzo, Pace del Mela e Condrò) e svolto utilizzando i valori medi di UT ottenuti nelle due campagne di prelievo, indica che:

- la concentrazione più elevata di particolato atmosferico è stata rilevata a Milazzo (valore medio di due postazioni: 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dove si misura anche la tossicità media più alta (UT: 230);
- una concentrazione più bassa di particolato, rilevata nel Comune di Pace del Mela (valore medio di due postazioni: 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) corrisponde ad una tossicità più bassa (UT: 152);
- l'eccezione rilevante è nuovamente rappresentata dal Comune di Condrò in cui, nonostante la concentrazione di particolato sia paragonabile a quella di altri Comuni, si rileva una tossicità molto bassa (UT: 5).

È probabile che questa ripetuta assenza di relazione tra particolato e tossicità sia ascrivibile, a sua volta, alla specificità di posizionamento delle centraline (particolato totale) e delle membrane SPMD (tossicità).

4.5 Valutazione della complessità delle Comunità batteriche in terreni agricoli non coltivati in cui sono stati riscontrati residui di IPA

Risultati sperimentali

I risultati della conta batterica e della valutazione del tipo morfologico di colonie sono riportati in **Tab. 4.32**.

I dati mostrano una variabilità del numero totale di batteri/g di terreno nei diversi terreni, con valori minimi di $10^3/\text{g}$ e massimi di $10^5/\text{g}$.

L'osservazione del tipo morfologico delle colonie ha evidenziato differenze tra i vari terreni, che hanno presentato un minimo di 3 e un massimo di 10 tipi differenti.

Il numero più basso è indice della predominanza di poche specie, mentre il numero più elevato è indice di una maggiore biodiversità delle Comunità.

Tab. 4.32 Numero batteri/g di terreno e tipi di colonie

Località	N° batteri/g	Tipi di colonie
6	$9,60 \times 10^4$	4
6B	$3,1 \times 10^4$	10
14	$3,43 \times 10^4$	5
15	$4,63 \times 10^4$	5
Milazzo	$4,7 \times 10^4$	10
TOT	$6,0 \times 10^4$	5
18	$7,53 \times 10^4$	3
19	$3,4 \times 10^5$	3
20	$1,9 \times 10^6$	3
25	$8,23 \times 10^5$	3

I valori più elevati nel numero di batteri/g riscontrati in terreni sono corrispondenti alla predominanza di poche specie. Non sono state riscontrate concentrazioni tra numero e tipo di colonie e concentrazione di contaminanti.

I risultati dei dati di metabolismo microbico misurato con le piastre BIOLOG sono riportati in **Tab. 4.33**.

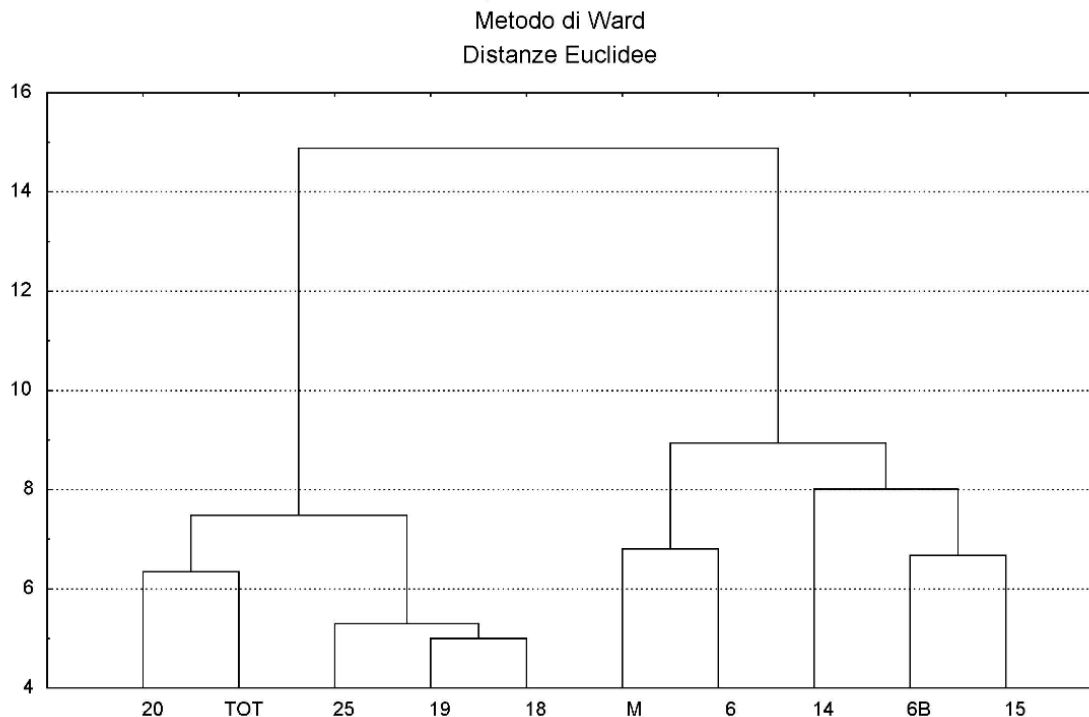
METABOLISMO MICROBICO (Media di 3 repliche, Abs. O.D. 595 nm)																
		SUBSTRATO														
	Controllo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
località																
15	0,42	1,96	1,99	1,76	1,43	1,41	2,03	1,89	1,66	0,54	0,40	1,77	1,54	2,37	1,26	2,08
18	0,44	1,77	1,74	1,88	1,58	2,30	2,05	2,39	1,92	1,17	0,37	1,59	1,92	2,39	0,83	2,05
25	0,43	1,70	1,48	2,10	1,75	2,39	2,05	2,34	2,21	1,41	0,86	1,21	2,10	2,24	1,97	2,10
6	0,50	1,78	1,50	1,52	1,73	1,36	1,73	1,78	1,76	0,90	0,49	1,18	1,59	2,41	1,73	1,50
6B	0,49	1,86	1,90	0,78	1,71	1,88	2,16	2,11	1,80	0,62	0,59	0,85	2,13	2,53	0,48	1,77
M3	0,43	1,15	1,76	1,73	1,40	1,05	1,88	2,13	1,60	1,08	0,39	0,62	1,37	1,87	0,91	1,64
TOT	0,57	2,06	1,95	2,08	1,98	2,32	2,20	2,25	2,16	1,16	0,40	2,15	2,24	2,33	0,59	2,14
14	0,33	1,81	1,57	1,90	1,92	2,14	1,90	2,28	2,13	0,66	0,31	0,56	2,04	2,44	2,07	1,96
19	0,41	1,71	1,64	1,67	1,77	2,43	2,21	2,17	2,07	1,12	0,61	1,78	2,20	2,42	1,69	2,17
20	0,41	1,92	1,99	1,85	1,95	2,41	2,00	2,16	2,17	1,27	0,36	2,04	2,36	2,41	1,56	2,13

		SUBSTRATO															
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
località																	
15		1,53	2,05	1,26	0,76	1,58	1,55	0,54	0,82	2,21	1,24	0,39	0,69	2,10	0,62	0,73	1,41
18		1,97	2,28	1,74	0,64	1,42	1,26	0,92	0,88	2,25	1,50	0,44	2,16	1,96	0,55	0,85	1,42
25		2,29	2,11	1,95	0,66	1,03	1,80	2,05	0,76	2,29	1,38	0,49	1,95	1,78	0,60	1,11	1,45
6		1,17	1,73	1,31	0,63	1,08	1,25	1,55	0,73	1,69	1,17	0,51	1,08	0,92	0,55	1,38	1,32
6B		1,90	2,34	0,66	0,52	0,64	0,94	0,61	0,89	2,34	1,58	0,47	0,41	1,06	0,71	0,76	1,12
M3		1,53	1,50	0,88	0,47	1,03	1,37	0,48	0,62	1,90	0,79	0,40	0,45	0,90	0,52	0,68	1,19
TOT		2,23	2,27	2,24	0,68	1,30	1,62	1,06	1,36	2,29	1,55	0,42	2,21	1,72	0,77	0,88	1,00
14		0,97	2,25	2,00	0,44	0,43	1,56	1,47	0,76	2,26	1,28	0,32	1,87	0,90	0,48	0,87	1,25
19		2,25	2,28	1,82	0,80	2,15	1,16	2,14	0,99	2,31	1,69	0,46	2,22	1,48	0,65	1,39	1,12
20		2,38	2,23	2,28	305,51	2,17	2,20	2,25	0,97	2,31	1,88	0,38	2,25	2,25	0,64	1,60	1,25

Tab. 4.33

Su tali data è stata effettuata analisi cluster col Metodo Statistico Ward, per evidenziare le similarità tra i veri terreni. Tab. 4.34 mostra il dendrogramma ottenuto dall'analisi cluster.

Tab. 4.34 Analisi cluster dei risultati del metabolismo microbico di 10 terreni (ascisse)



I terreni hanno presentato alcuni raggruppamenti (cluster) che sono indice di biodiversità microbica. Tali cluster possono essere messi in relazione alle concentrazioni di alcuni contaminanti riscontrate con metodi gas-cromatografici come indicato:

CLUSTERS METABOLISMO MICROBICO

Concentrazioni IPA

Cluster 1: Campioni 18 e 19	Elevate per alcuni IPA
Cluster 2: Campioni Milazzo e 6	Molto elevate per pirene
Cluster 3: Campioni 6B e 15	Basse in generale, elevato 1 IPA
Cluster 4: Campioni 20 e TOT	Basse per IPA

Il terreno 14 risulta correlato al gruppo 6B-15 e il 25 al gruppo 18-19.

Si riscontrano piena correlazione con la concentrazione stimata di particolato al suolo (**Fig. 4.14**), per il Cluster 1, formato dai campioni 18 e 19 entrambi in zone con concentrazioni stimate di 10-15 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{anno}$.

Una correlazione si potrebbe evidenziare per il cluster dei campioni 6B-15, situati in zone caratterizzate da alte concentrazioni (15-20 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{anno}$) l'uno, e al limite inferiore della zona medio alta (20-40 $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{anno}$) l'altro.

I campioni del cluster 6- Milazzo si trovano rispettivamente in zone di alta e medio-alta concentrazione di particolato. Si nota, comunque, che il campione Milazzo, pur avendo concentrazioni stimata di particolato medio-alta, presenta elevate concentrazioni di antracene e pirene, probabilmente di altra origine, in analogia al campione 6.

Conclusioni

È stata individuata variabilità nel numero batteri/grammo e tipi di colonie presenti nei diversi terreni. Tali variazioni sono indipendenti dalle concentrazioni nel terreno di IPA.

Sono stati individuati gruppi di terreni in base alle variazioni nel metabolismo complessivo delle Comunità batteriche. Tali variazioni sono indice di diversità ed hanno corrisposto in alcuni casi a variazioni registrate nelle concentrazioni di IPA ed alla concentrazione stimata di particolato al suolo.

4.6 Valutazione dell'impatto di contaminanti sulla composizione delle Comunità batteriche in relazione alla presenza di colture

Risultati sperimentali

In **Fig. 4.19** si riporta il grafico ottenuto dall'analisi del metabolismo di 31 substrati da parte delle Comunità microbiche nel terreno, dopo 21 giorni dal trapianto di pomodoro.

I valori di metabolismo per i singoli substrati corrispondono alla complessità delle Comunità.

Tali misure sono state eseguite su tre repliche diverse per ogni trattamento producendo risultati simili.

Il terreno con piante presenta valori significativamente più elevati rispetto al terreno controllo non coltivato, per tutti i 31 parametri analizzati.

Analisi del metabolismo delle comunità microbiche in terreni con e senza piante di pomodoro

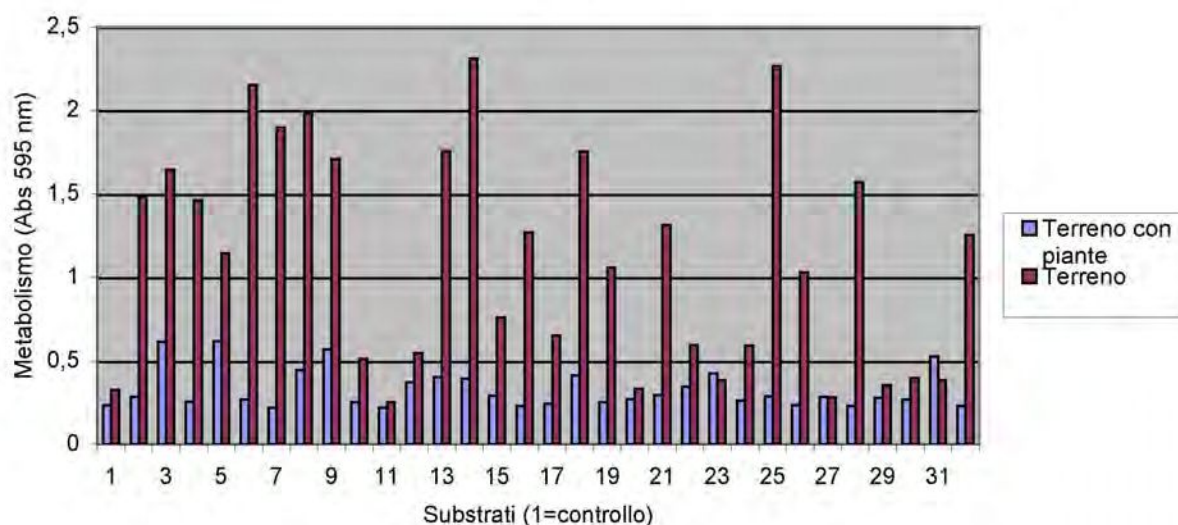


Fig. 4.19

Valutazione dei risultati

La presenza di piante influisce significativamente sulla composizione delle Comunità batteriche nel terreno (biodiversità).

Gli elevati valori di metabolismo dei singoli substrati riscontrati nei terreni coltivati sono indice di un maggior numero di specie ed individui.

Nei terreni coltivati, inoltre, è stata riscontrata una significativa diminuzione della concentrazione di alcuni IPA rispetto al controllo non coltivato. Tale diminuzione può essere messa in relazione alla diversità e capacità metaboliche riscontrata nelle Comunità microbiche della rizosfera, rispetto al terreno non coltivato.

4.7 Conclusioni

L'analisi dei dati delle **concentrazioni di SO₂**, rilevate mediante campionatori passivi nel periodo maggio-ottobre 2001, evidenzia valori piuttosto variabili tra i siti oggetto di indagine.

Considerando, inoltre, la media delle concentrazioni misurate si osserva una distribuzione spaziale di questo inquinante ben definita, con i valori più alti compresi nella fascia Sud dell'area di studio. Infatti soltanto le stazioni di Torregrotta, S. Pier Niceto, Milazzo e Salina (Isola di Malfa) situate nelle vicinanze della costa, mostrano valori medi inferiori a 20 µg/m³, che è il limite per la protezione degli ecosistemi indicato nella Direttiva 1999/30/CE del 19 luglio 2001. Le stazioni di S. Filippo del Mela e di Merì, che si trovano molto vicine tra loro, presentano, invece, picchi di concentrazione compresi tra 77-88 µg/m³.

Relativamente ai dati sperimentali di **concentrazione di O₃**, i valori ottenuti superano abbondantemente il limite per la protezione della vegetazione, previsto dal D. M. del 15.06.'96, che è di 65 µg/m³. Le concentrazioni più elevate sono state registrate nel primo e nel secondo campionamento (maggio-giugno e giugno-luglio), effettuati entrambi nel periodo dell'anno caratterizzato dalla durata del giorno più lunga. Dall'analisi dei valori della media dei cinque campionamenti si osserva, inoltre, una distribuzione spaziale di O₃ ben definita, con i valori più alti (140-180 µg/m³) riscontrati nella parte Sud-Ovest dell'area di studio.

I Comuni nei quali si valutano **gli effetti** più rilevanti **sulle rese agricole causati dalle concentrazioni misurate di SO₂**, in parte attribuibili alle emissioni della raffineria e della centrale termoelettrica, sono Merì e S. Filippo del Mela. Nel primo, infatti, si stima un calo di resa per gli agrumi del 10% e un calo di assimilazione fotosintetica nell'olivo, che comunque non è un parametro traducibile direttamente in calo di produzione, del 6%. Nel secondo, invece, si stimano cali piuttosto consistenti negli agrumi (-9%) e nella patata (-16%) ed una diminuzione dell'assimilazione fotosintetica del 5% nell'olivo.

Negli altri Comuni si osservano dimensioni più contenute delle perdite di raccolto dovute all'SO₂ e, ad esempio: cali di resa del 5% circa negli agrumi e del 6-8% nella patata sono valutati per i Comuni di Monforte S. Giorgio e S. Lucia del Mela; a Terme Vigliatore si stima un calo di resa per gli agrumi del 5%, mentre a Barcellona ed a Castoreale si valutano solo cali di resa del 4-5% per la patata e del 4% per il frumento. A Milazzo ed a Condò, infine si valuta solo una diminuzione della resa della patata del 3-5%, mentre a Malfa ed a Torregrotta non dovrebbero sussistere rischi di perdita per il raccolto, perché le concentrazioni medie di SO₂ sono al di sotto dei valori di rischio calcolabili dalle funzioni dose-risposta.

Ben più consistenti sono **gli effetti prodotti sulle rese agricole dalle concentrazioni di O₃** misurate nel territorio studiato ed in quasi tutti i Comuni le perdite di raccolto valutabili sono elevate. A tal proposito si ricorda che il periodo di monitoraggio chimico prescelto è il più critico per lo sviluppo di O₃ sia per le condizioni di insolazione e di temperatura, sia perché nello stesso periodo si assommano nel territorio alle emissioni della raffineria e della Centrale termoelettrica quelle causate dal maggior traffico automobilistico associato al turismo.

I Comuni che sono più colpiti dall'O₃ per quanto attiene le colture sono: Merì, Milazzo, S. Filippo del Mela, Castoreale, S. Pier Niceto e S. Lucia del Mela. Cali di resa leggermente più bassi si riscontrano a Barcellona P.G, Gualtieri Sicaminò, Monforte S. Giorgio, Pace del Mela, Terme Vigliatore e Torregrotta.

I valori più elevati nelle stime dei cali di resa sono quelli per il frumento (-40% a Castoreale, - 37% a S. Lucia del Mela e -30% a Barcellona P.G.), ai quali seguono i cali di resa negli agrumi (-35% a Merì, -30% a Milazzo, -28% a S. Filippo del Mela, -25% a Castoreale ed a Terme Vigliatore, -24% a S. Lucia del Mela).

Anche la patata, specie che risulta sensibile all'O₃, appare discretamente investita dall'effetto sulla produttività. I Comuni nei quali esistono effetti più rilevanti per questa coltura sono: Milazzo, S. Filippo del Mela, Castoreale, S. Pier Niceto e S. Lucia del Mela.

Per quanto riguarda la determinazione sperimentale di residui di **elementi tossici nei suoli**, non si rilevano differenze sostanziali nella composizione di campioni prelevati in siti diversi relativamente agli elementi considerati e non si evidenziano correlazioni particolarmente significative tra il contenuto dei vari elementi.

Le concentrazioni degli elementi tossici misurate sperimentalmente, paragonate con i valori di concentrazione limite accettabili previsti nell'Allegato 1 del DM n.471 del 25 ottobre 1999 per siti destinabili ad uso verde pubblico, privato e residenziale, mostrano tutte valori al di sotto dei limiti previsti, tranne per quanto riguarda il vanadio, che li supera in quasi tutti i campioni analizzati. Inoltre i contenuti sperimentali di cadmio, piombo e nichel, confrontati con il tenore degli stessi in terreni agricoli italiani non inquinati, confermano ulteriormente il basso contenuto dei contaminanti considerati nei suoli presi in esame.

Relativamente agli IPA, le concentrazioni misurate di pirene ed antracene mostrano nei Comuni di S. Lucia del Mela, Torregrotta e Terme Vigliatore valori per il pirene compresi tra 10-50 µg/g che definiscono i suoli analizzati, secondo l'All.1 del DM 471/99 sopra citato, "siti ad uso commerciale ed industriale", mentre le analisi degli stessi composti effettuate nei Comuni di S. Pier Niceto, S. Filippo del Mela, Merì, Barcellona (S. Paolo) e Milazzo consentono di definire questi suoli "siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale", perché le concentrazioni di pirene sono al di sotto di 5µg/g.

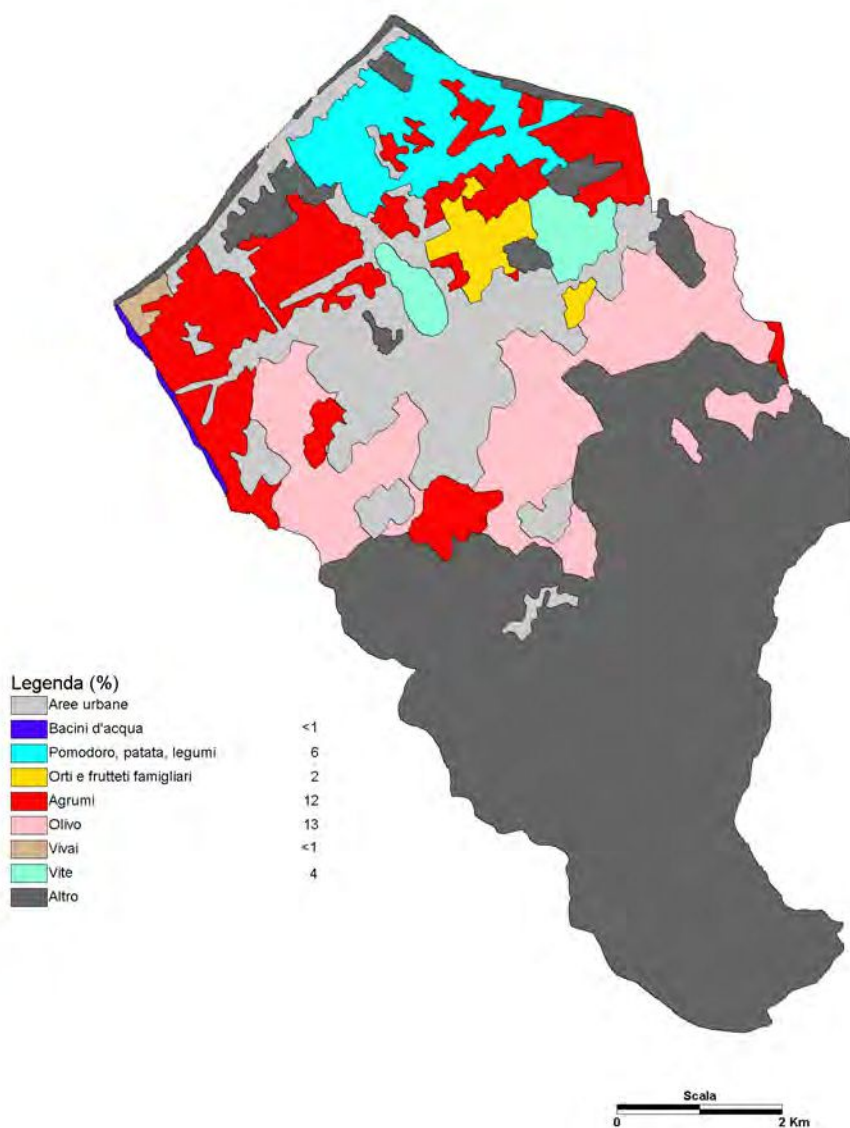
Per quanto riguarda i **residui di elementi potenzialmente tossici nei prodotti ortofrutticoli**, non si misurano in arance, limoni, olive ed orticole concentrazioni più elevate nei siti che dovrebbero risultare più inquinati a causa delle deposizioni delle sorgenti puntiformi (Centrale Termoelettrica, Raffineria e Cementifici) valutate dal modello.

Allo scopo di approfondire alcuni aspetti relativi alla qualità dei prodotti agricoli considerati e di valutare i possibili effetti derivanti alla salute umana dall'ingestione degli elementi in traccia in essi contenuti, si è fatto riferimento alla normativa vigente in materia e si è cercato di tradurre i dati ottenuti sperimentalmente in termini di rischio per il consumatore.

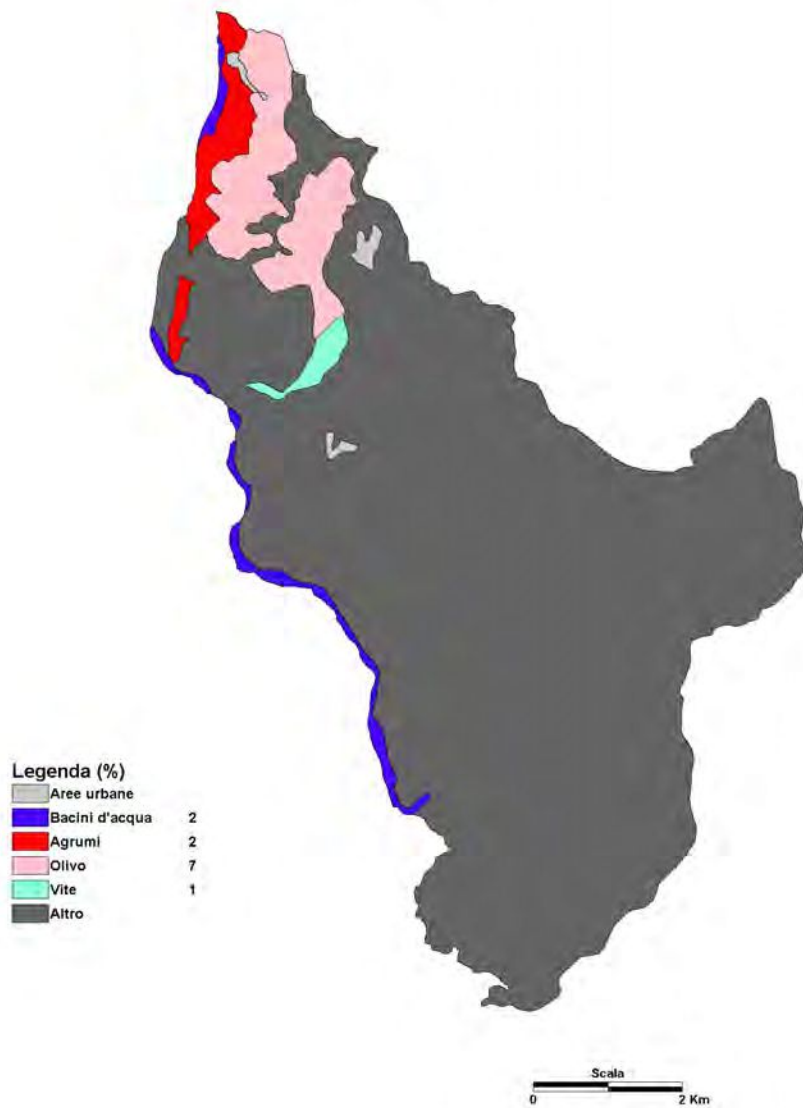
Si è ritenuto necessario, perciò, considerare il Regolamento (CE) N. 466/2001 della Commissione delle Comunità Europee (entrato in vigore il 5 aprile 2002), che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti (tra i quali il Pb ed il Cd) nei prodotti alimentari e si è evidenziato che i prodotti analizzati presentano per lo più concentrazioni di Pb e Cd notevolmente inferiori a quelli previsti dalla normativa.

Inoltre i rapporti percentuali - fra la dose di ogni elemento ingerita giornalmente con la dieta ed i rispettivi limiti di tossicità - che sono stati ottenuti permettono di valutare accettabile la qualità dei prodotti agroalimentari considerati in quanto i residui degli elementi tossici esaminati sono al di sotto della soglia di rischio per il consumatore.

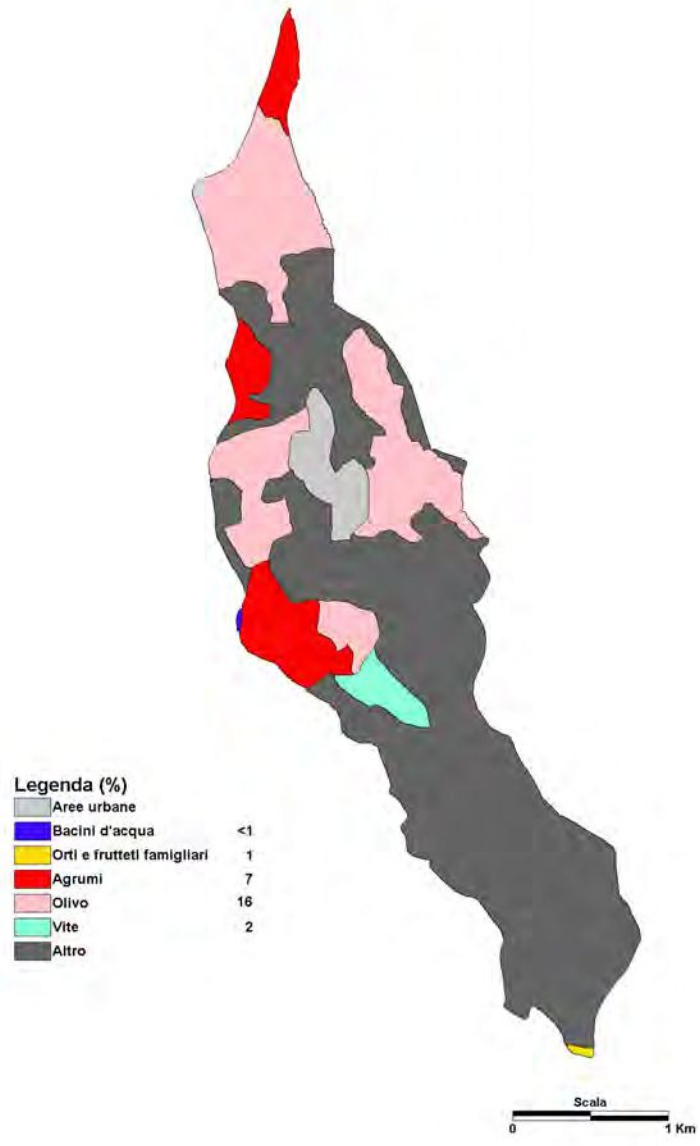
Barcellona



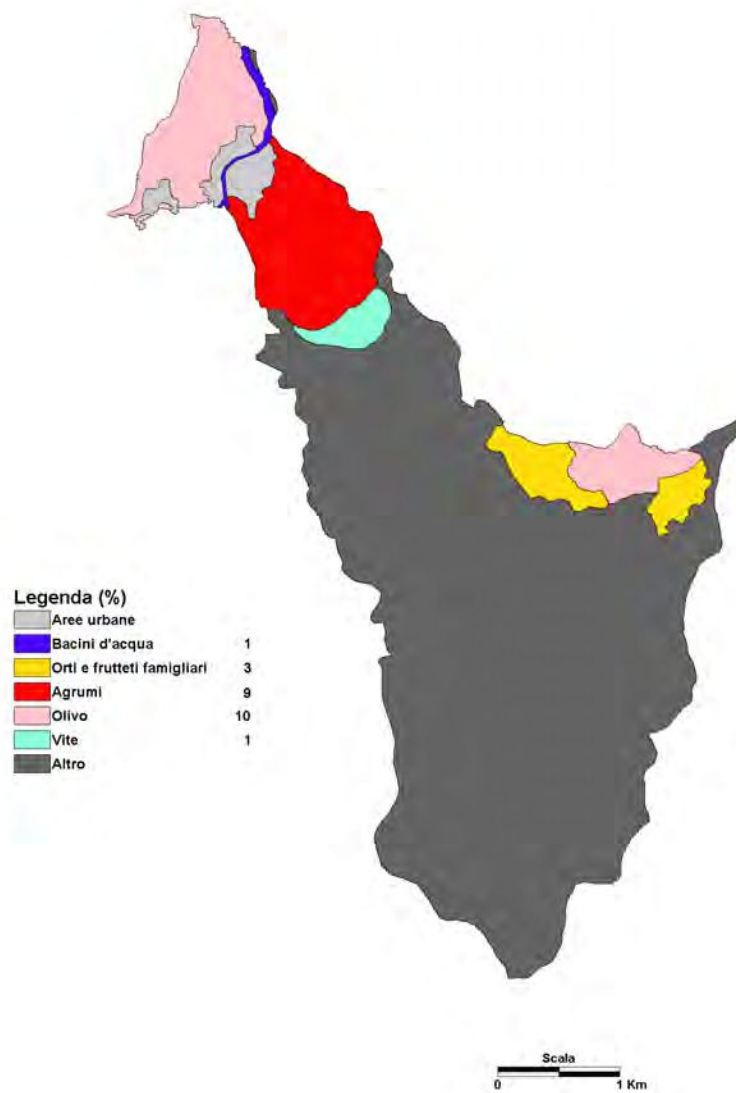
Castroreale



Condrò

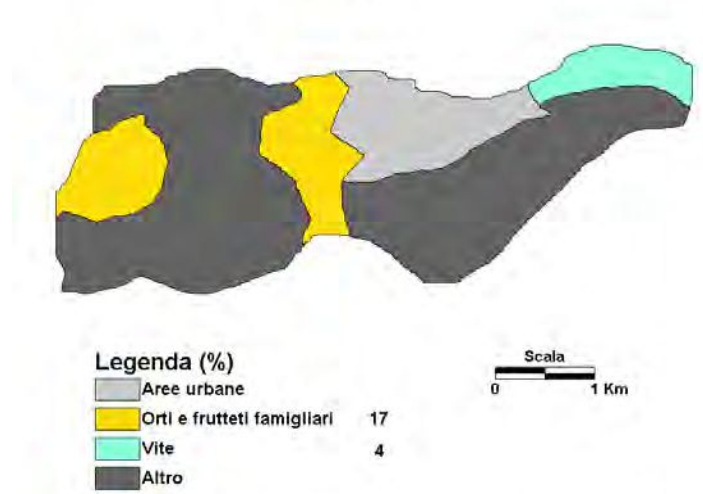


Gualtieri Sicaminò

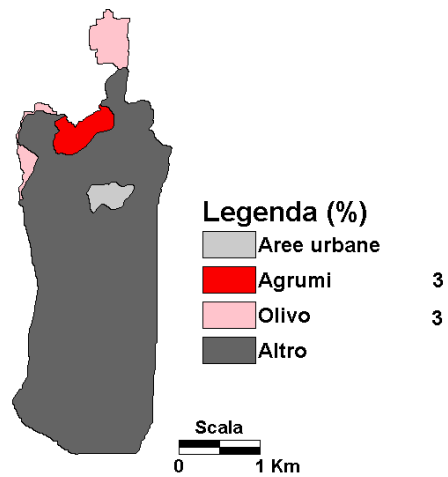


All. 4.5

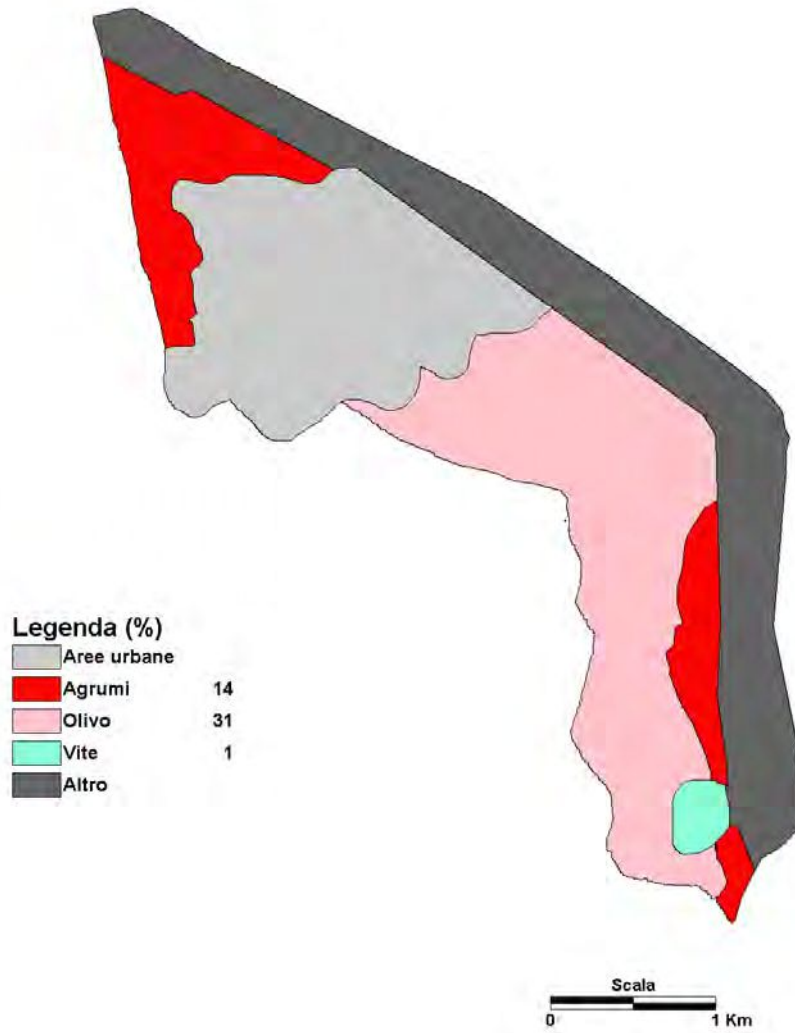
Malfa



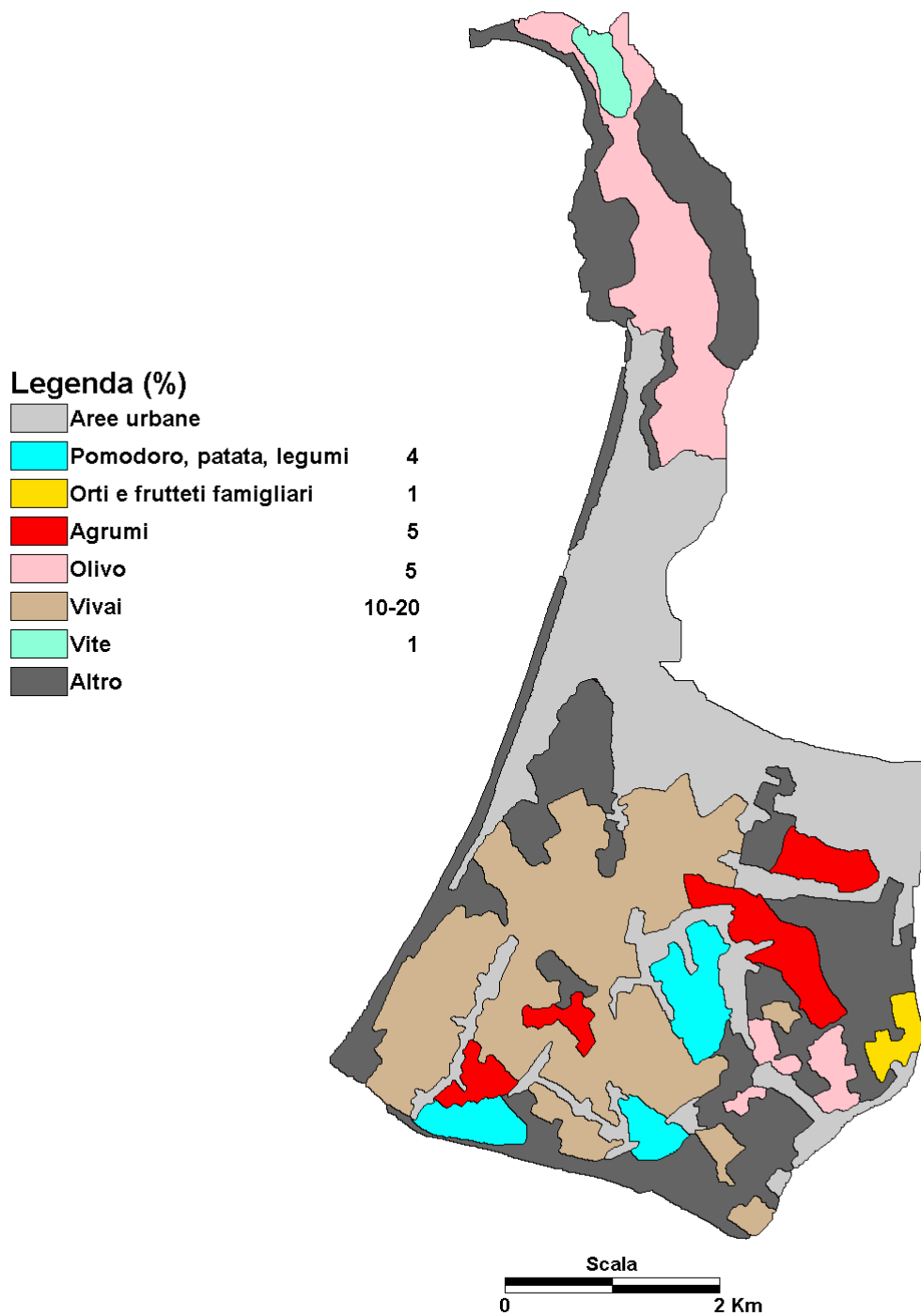
Mazzarrà S. Andrea



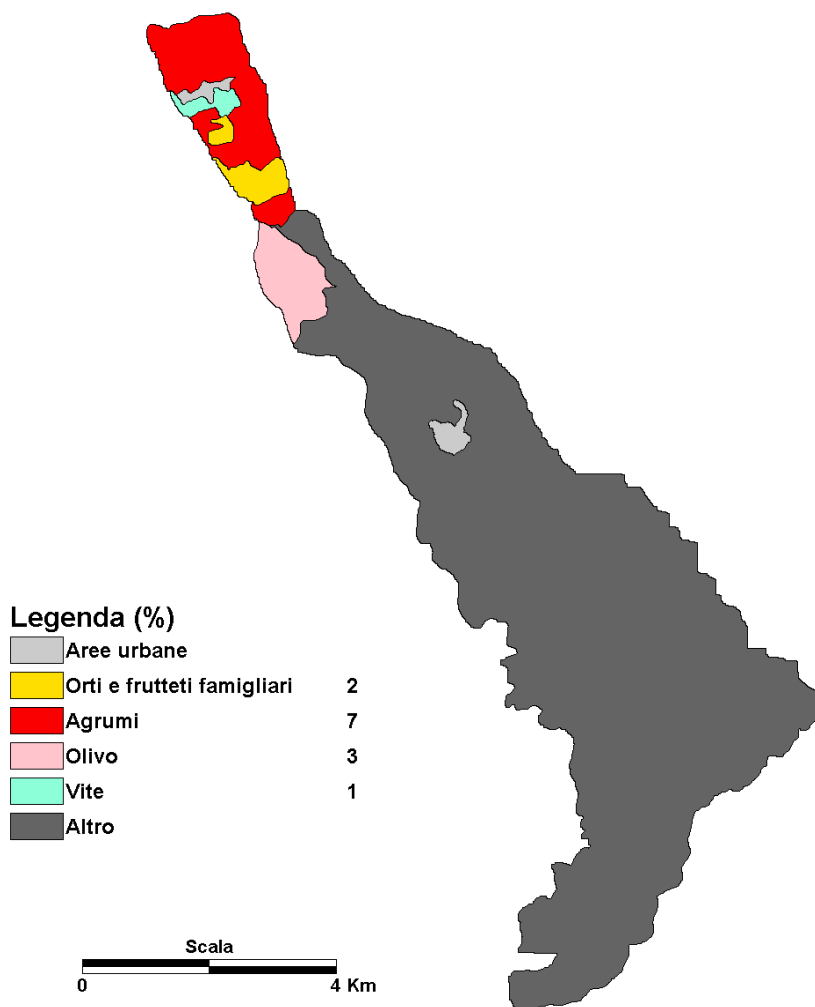
Merì



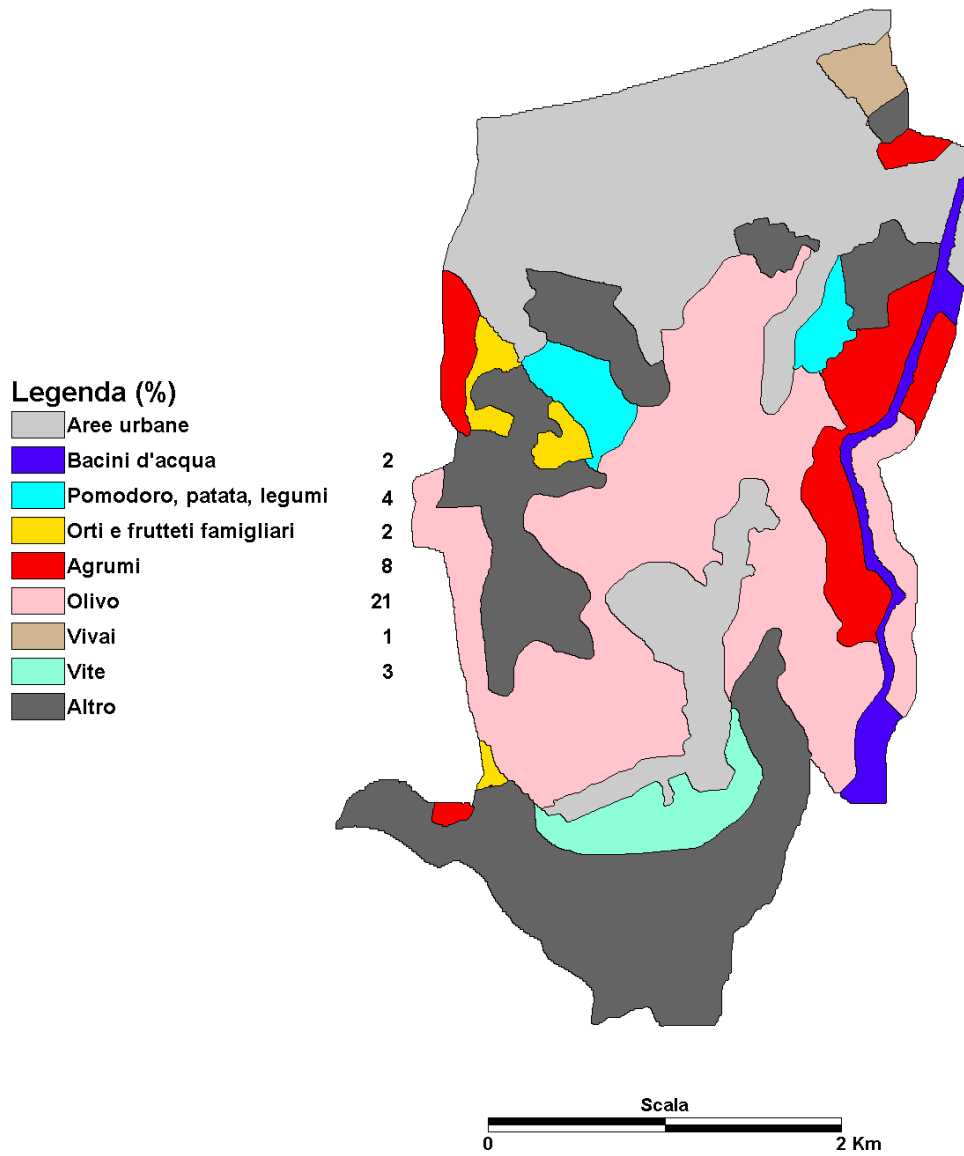
Milazzo



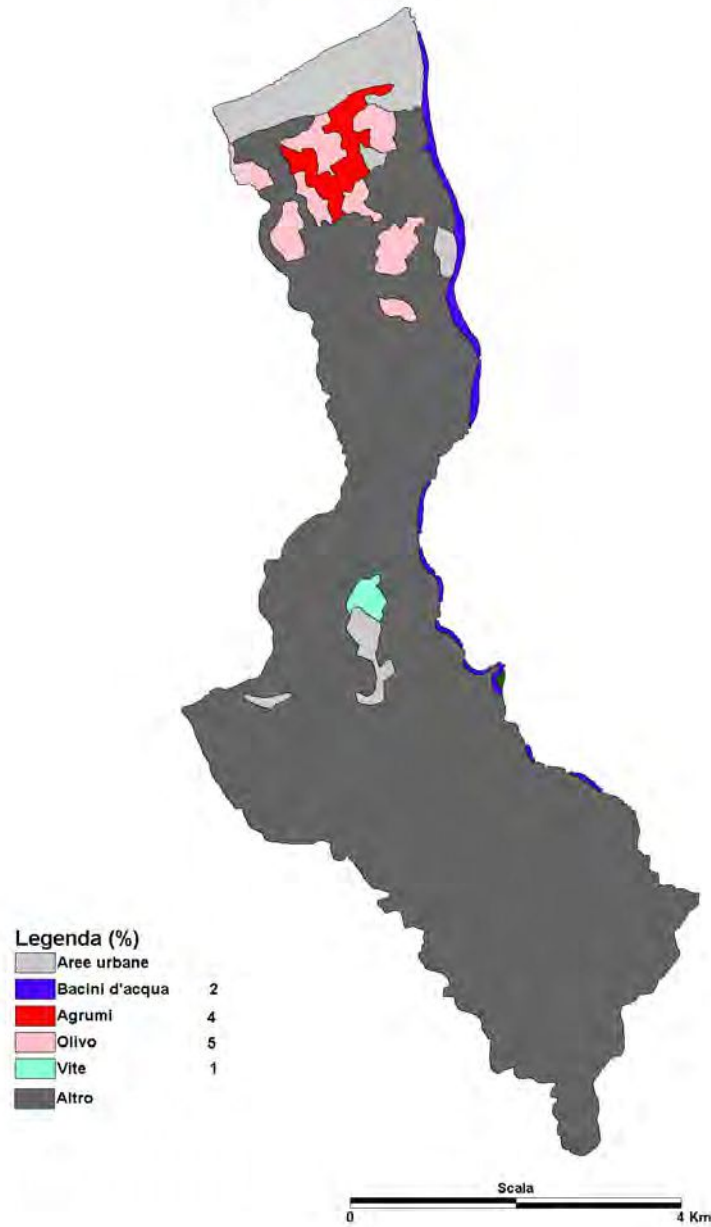
Monforte S. Giorgio



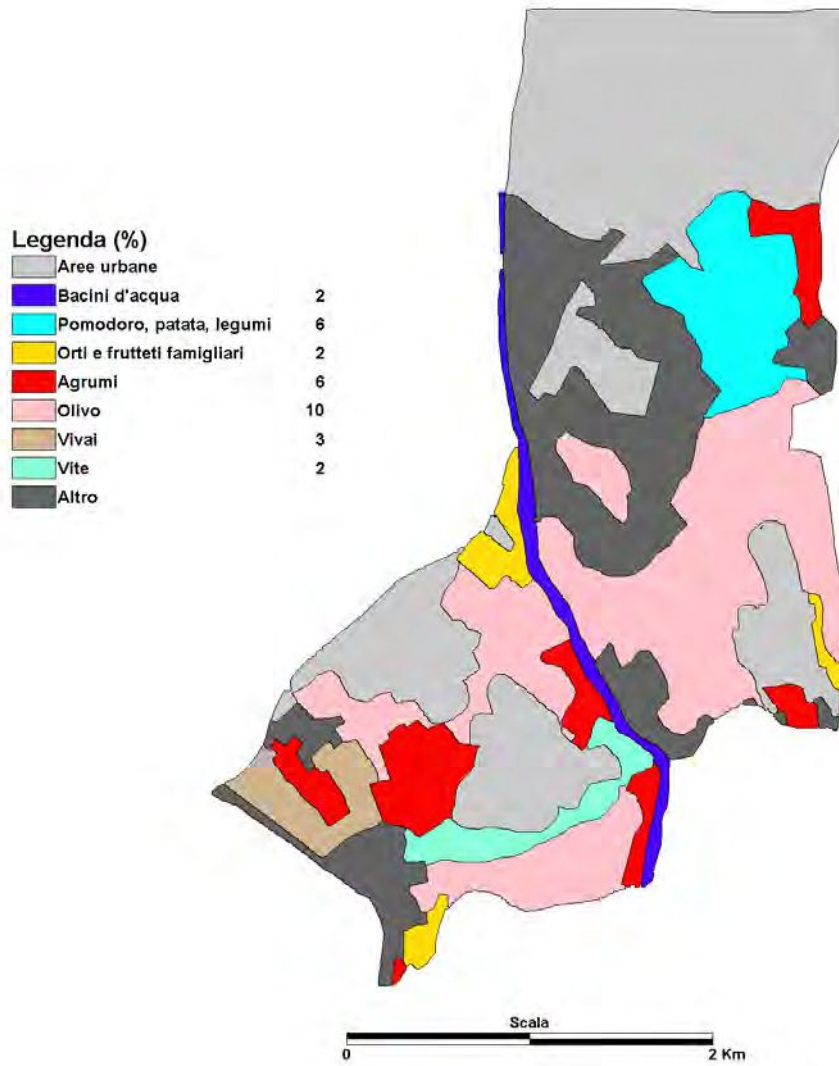
Pace del Mela



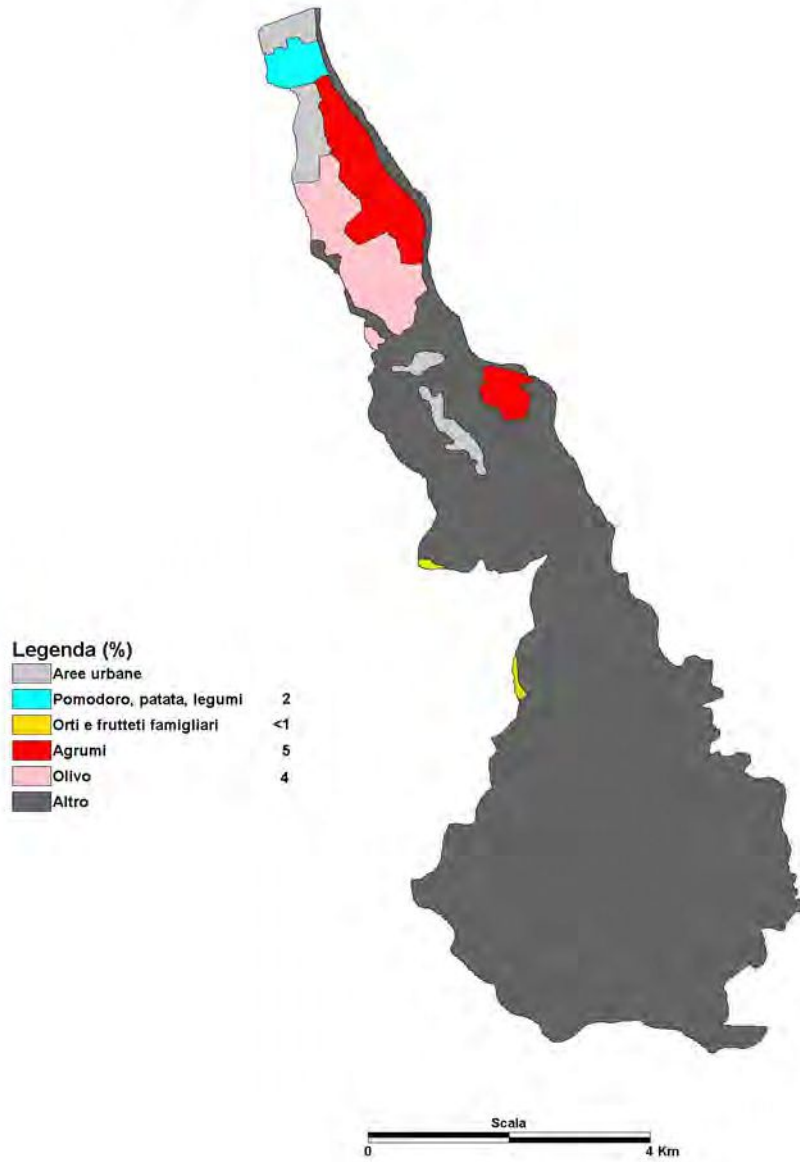
Rometta



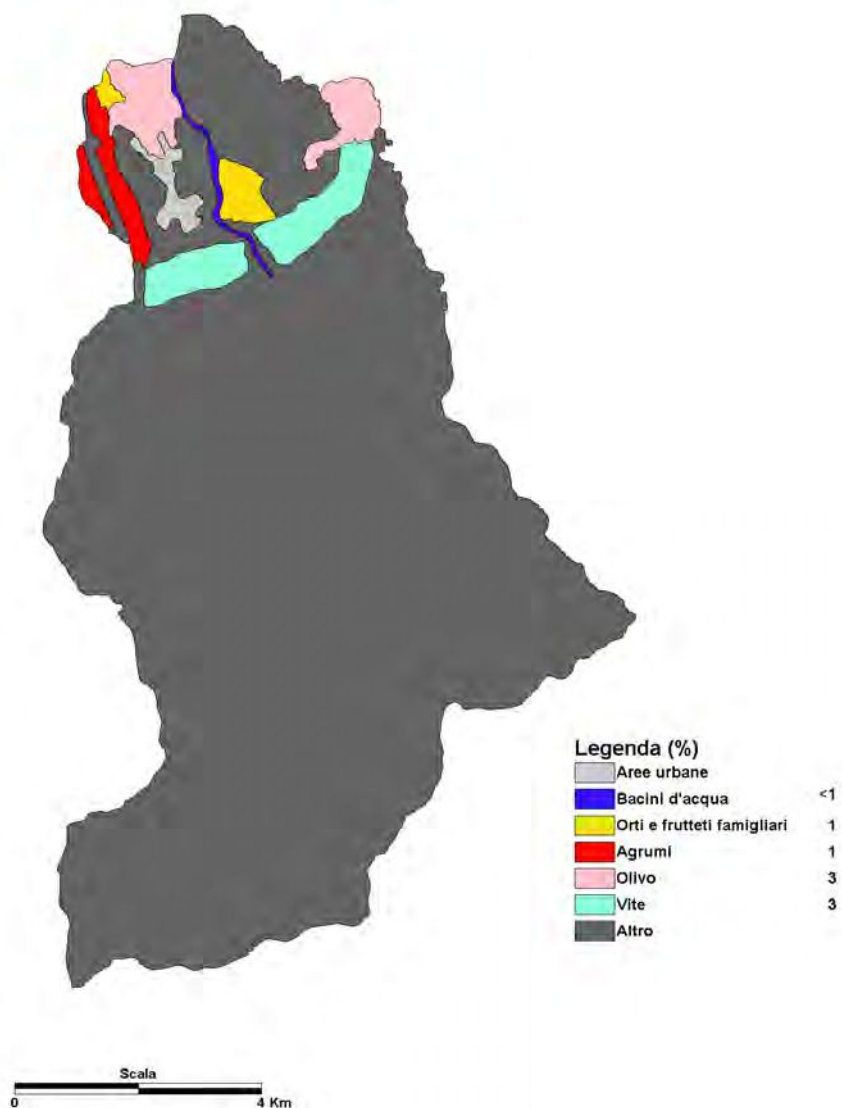
S.Filippo del Mela



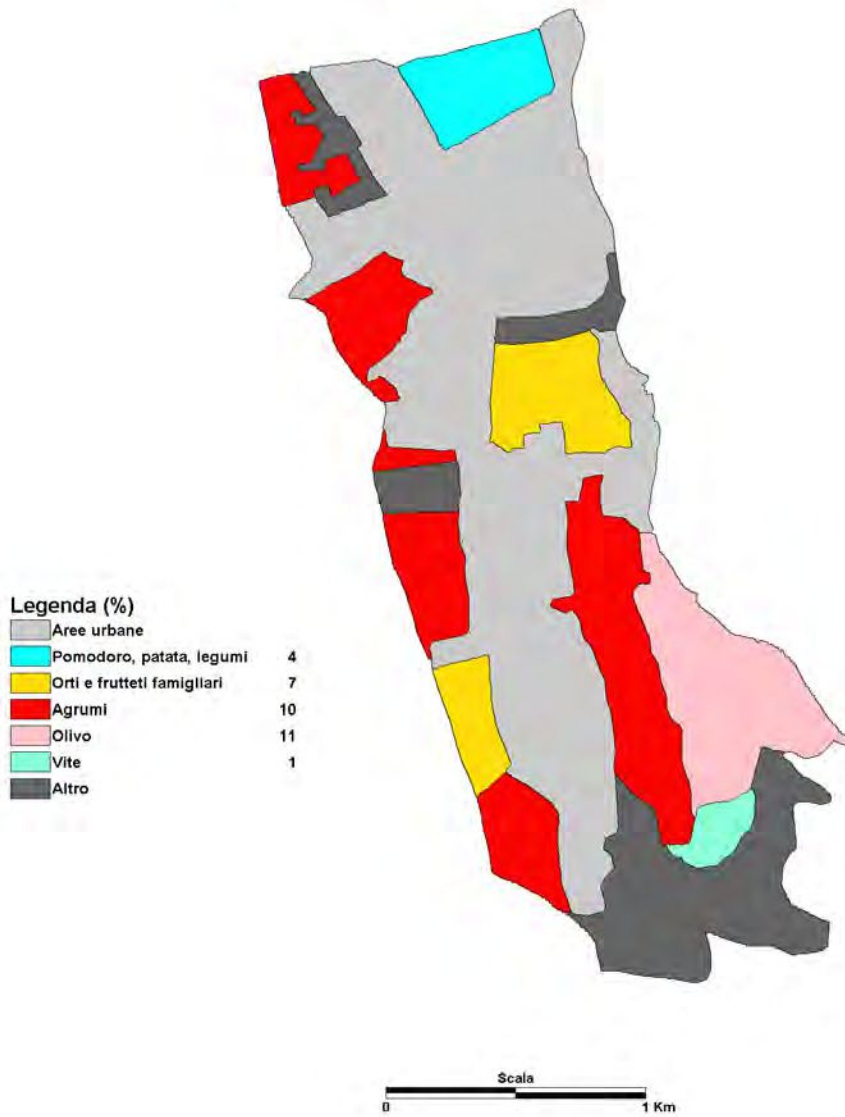
S. Pier Niceto



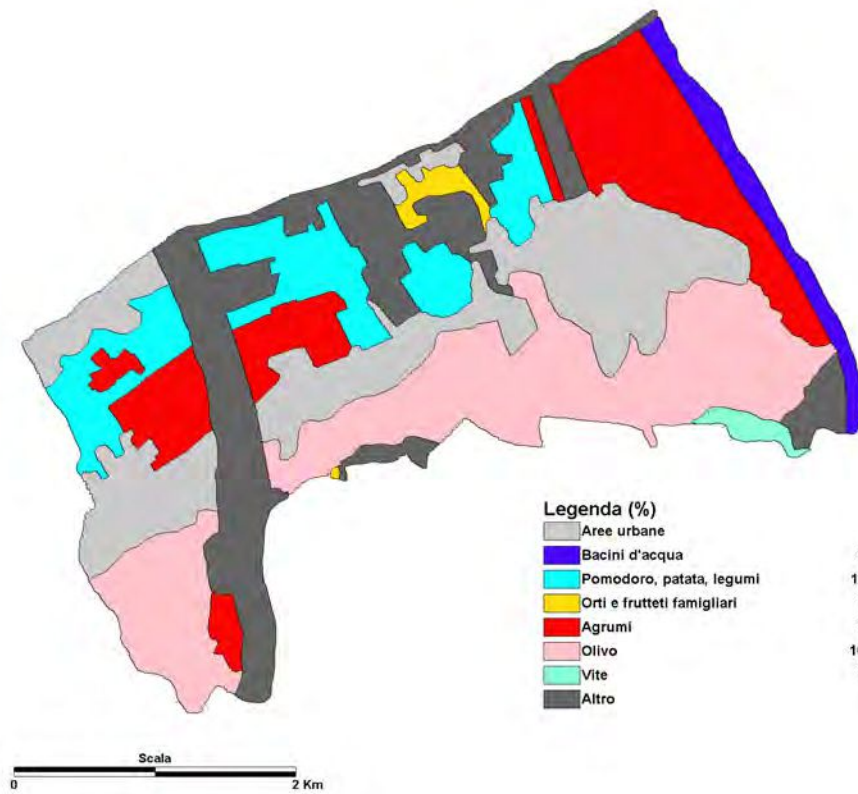
S.Lucia del Mela



Torregrotta



Terme Vigliatore



All. 4.16

BARCELLONA

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	0	18
Vite	0	10
Olivo*	1	20
Pomodoro	0	11
Frumento	4	30
Patata	4	17 ¹⁾
		18 ²⁾
Leguminose	0	12,5
Bosco	-	~10
Prati-pascoli	0	9 ³⁾
		15 ⁴⁾

CASTROREALE

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	0	25
Vite	0	13
Olivo*	2	27
Pomodoro	-	-
Frumento	4	40
Patata	5	23 ¹⁾
		25 ²⁾
Leguminose	0	15,2
Bosco	-	~18
Prati-pascoli	0	15 ³⁾
		23 ⁴⁾

CONDRO'

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	0	20
Vite	0	10
Olivo*	0	21
Pomodoro	0	11
Frumento	-	-
Patata	5	18 ²⁾
		20 ²⁾
Leguminose	-	12,8
Bosco	-	-
Prati-pascoli		-

GUALTIERI SICAMINO'

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	0	18
Vite	0	10
Olivo*	2	20
Pomodoro	0	-
Frumento	-	-
Patata	-	-
Leguminose	-	-
Bosco	-	-
Prati-pascoli	0	9 ³⁾
		15 ⁴⁾

* per questa coltura è stata considerata la diminuzione di attività fotosintetica

¹⁾ Pell, 1988

²⁾ Centre for Ecology and Hydrology, 2002

³⁾ Nali et al., 2002

⁴⁾ Sommerville, 1989

All. 4.17

MALFA (Isola di Salina)

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	-	-
Vite	0	15
Olivo*	0	32
Pomodoro	-	-
Frumento	-	-
Patata	-	-
Leguminose	-	17,6
Bosco	-	-
Prati-pascoli	-	-

MERI'

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	10	35
Vite	0	18
Olivo*	6	35
Pomodoro	-	-
Frumento	-	-
Patata	-	-
Leguminose	-	-
Bosco	-	-
Prati-pascoli	-	-

MILAZZO

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	0	30
Vite	0	14
Olivo*	0	30
Pomodoro	0	17
Frumento	-	-
Patata	3	25 ¹⁾ 27 ²⁾
Leguminose	-	-
Bosco	-	-
Prati-pascoli	0	15 ³⁾ 25 ⁴⁾

MONFORTE S. GIORGIO

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	5	20
Vite	0	10
Olivo*	2	20
Pomodoro	0	11
Frumento	-	-
Patata	7	20 ¹⁾ 20 ²⁾
Leguminose	-	12,9
Bosco	-	~12
Prati-pascoli	0	11 ³⁾ 16 ⁴⁾

N.B.: è stata usata la media delle concentrazioni rilevate nelle due stazioni.

* per questa coltura è stata considerata la diminuzione di attività fotosintetica

¹⁾ Pell, 1988

²⁾ Centre for Ecology and Hydrology, 2002

³⁾ Nali et al., 2002

⁴⁾ Sommerville, 1989

All. 4.18

PACE DEL MELA

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	0	13
Vite	0	7
Olivo*	1	17
Pomodoro	0	7
Frumento	-	-
Patata	4	15 ¹⁾ 13 ²⁾
Leguminose	-	-
Bosco	-	-
Prati-pascoli	0	5 ³⁾ 10 ⁴⁾

ROMETTA

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	0	23
Vite	0	12
Olivo*	2	24
Pomodoro	0	13
Frumento	-	-
Patata	6	22,5 ¹⁾ 23 ²⁾
Leguminose	-	14,2
Bosco	-	~15
Prati-pascoli	0	11 ³⁾ 20 ⁴⁾

S. FILIPPO DEL MELA

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	9	28
Vite	0	13
Olivo*	5	28
Pomodoro	0	16
Frumento	-	-
Patata	16	24 ¹⁾ 25 ²⁾
Leguminose	-	-
Bosco	-	-
Prati-pascoli	-	14 ³⁾ 25 ⁴⁾

SANTA LUCIA DEL MELA

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	5	24
Vite	0	12
Olivo*	2,5	24
Pomodoro	0	13
Frumento	6	37
Patata	8	22 ¹⁾ 22 ²⁾
Leguminose	-	14,1
Bosco	-	~15
Prati-pascoli	0	11 ³⁾ 20 ⁴⁾

* per questa coltura è stata considerata la diminuzione di attività fotosintetica

¹⁾ Pell, 1988

²⁾ Centre for Ecology and Hydrology, 2002

³⁾ Nali et al., 2002

⁴⁾ Sommerville, 1989

All. 4.19

S. PIER NICETO

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	0	23
Vite	0	13
Olivo*	2	2
Pomodoro	0	13
Frumento	-	-
Patata	7	20 ¹⁾ 23 ²⁾
Leguminose	-	13,7
Bosco	-	~30
Prati-pascoli	0	14 ³⁾ 19 ⁴⁾

N.B.: per calcolare gli effetti dell'O₃ su agrumi, pomodoro, e patata è stata considerata la concentrazione rilevata stazione 1 (123,8 µg/m³); su agrumi, olivo, boschi, prati e pascoli quella rilevata nella stazione 18 (141,4 µg/m³).

TERME VIGLIATORE

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	5	25
Vite	0	13
Olivo*	2,5	26
Pomodoro	0	15
Frumento	-	-
Patata	-	-
Leguminose	-	-
Bosco	-	-
Prati-pascoli	0	-

N.B.: è stata usata la media delle concentrazioni rilevate nelle stazioni 24 e 25.

TORREGROTTA

Colture	Cali di resa (%)	
	causati da SO ₂	causati da O ₃
Agrumi	0	19
Vite	0	10
Olivo*	0	20
Pomodoro	0	-
Frumento	-	-
Patata	0	18 ¹⁾ 18 ²⁾
Leguminose	-	-
Bosco	-	-
Prati-pascoli	-	-

* per questa coltura è stata considerata la diminuzione di attività fotosintetica

¹⁾ Pell, 1988

²⁾ Centre for Ecology and Hydrology, 2002

³⁾ Nali et al., 2002

⁴⁾ Sommerville, 1989

All. 4.20



Stazione di monitoraggio di SO₂ e di O₃

Ringraziamenti

Si ringraziano:

-la dr.ssa Francesca Intravaia dell'ARPA Sicilia per aver fornito dati sull'inquinamento atmosferico e sulle risorse agricole del territorio in studio;

-il sig. Domenico La Torre della Coldiretti di Barcellona P.G. per la collaborazione nella revisione delle mappe di uso del suolo;

-il dr. Massimo Iannetta del Gruppo BIOTEC-DES dell'ENEA, che ha fornito mappe di uso del suolo da telerilevamento del territorio;

-la dr.ssa Maria Rita Rapagnani della Sez. BIOTEC-SIC dell'ENEA, che ha definito da un punto di vista tossicologico alcuni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici rinvenuti nel monitoraggio;

-il dr. Franco Barbera della Sez. BIOTEC-SIC dell'ENEA, che ha collaborato nella valutazione dell'esposizione del consumatore a composti xenobiotici;

-la sig.ra Giulia Minelli per il supporto amministrativo.

Bibliografia

- Centre for Ecology and Hydrology (Natural Environment Research Council), 2002. Economic Assessment of Crop Yield Losses from Ozone Exposure. Contract EPG 1/3/170: The UNECE International Cooperative Programme on Vegetation. April 2002.
- Ferraresi A., Corticelli C., 2002. Cosa sono i metalli pesanti che si "nascondono" nel cibo. *Agricoltura*, n.6, giugno 2002.
- Fuhrer J., Skarby L., Ashmore M.R., 1997. Critical Levels for Ozone Effects on Vegetation in Europe. *Environmental Pollution*, 97, No 1-2, 91-106.
- Fumagalli I., Ambrogi R., Mignanego L., 2001. Yield responses of plants exposed to ambient ozone in the river Po Valley (Italy). *Agronomie* 21, 227-233.
- ISTAT, 2000. 5° Censimento Generale dell'Agricoltura.
- Nali C., Pucciariello, C., Lorenzini G., 2002. Ozone distribution in central Italy and its effects on crop productivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90, 277-289,
- Pell E. J., Pearson N.S., Vinten-Johansen C., 1988. Qualitative and Quantitative Effects of Ozone and/or Sulfur dioxide on Field-grown Potato Plants. *Environ. Pollut.* 53, 171-186.
- Pinchera G. C., Bocola W., Cirillo M. C., Martinella M., Triolo L., 1984. An assessment of the environmental effects of energy systems, with emphasis on oil. *Environment International*, vol.10, 395-417.
- Sommerville M.C., Spruill S.E., Rawlings J.O., Lesser v.M., 1989. *NCARS Techn.Bull.*, 292-190.
- Turrini A., Saba A., Perrone D., Cialfa E., D'Amicis A., 2001. Food consumption patterns in Italy: the INN-CA Study 1994-1996. *European Journal of Clinical Nutrition*, 55, 571-588.
- WHO, 1996. Trace elements in human nutrition and health.