



Centro Studi di Economia
applicata all'Ingegneria

95123 Catania, Via S. Sofia 100
c/o Dipartimento di Agricoltura,
Alimentazione e Ambiente (Di3A)
Università degli Studi di Catania

Contatti:
Segreteria 0957147560
Amm.ne 0957147562
Fax 0957147660
www.cseicatania.com
info@cseicatania.com
C. F. 80004430874
P. IVA 00805830874
REA 239050

Realizzazione di una rete tecnologica per il monitoraggio degli acquiferi utilizzati dalle imprese nella provincia di Ragusa

I STATO DI AVANZAMENTO

Giugno 2016

Indice

1. Introduzione

2. Obiettivi del progetto

3. Lo stato qualitativo delle acque sotterranee del territorio ibleo

3.1 Introduzione

3.2 Principali pressioni antropiche sulle risorse idriche sotterranee nella provincia di Ragusa

3.2.1 Premessa

3.2.2 Bacini idrologici e corpi idrici sotterranei

3.3 Attività di monitoraggio delle risorse idriche sotterranee nel territorio ibleo

3.3.1 Attività svolta dall'Università di Catania in collaborazione con ARPA- DAP Ragusa

3.3.2 Attività svolte nell'ambito del progetto MORISO (Programma Italia- Malta 2007-13)

3.3.3 Altri dati di monitoraggio delle acque sotterranee del territorio ibleo

4. La rete di monitoraggio esistente gestita dal Libero Consorzio Comunale di Ragusa

4.1 Descrizione della rete esistente di monitoraggio degli acquiferi

4.2 Caratteristiche quali-quantitative delle risorse idriche sotterranee nel territorio ibleo

5. La rete di monitoraggio degli acquiferi del territorio ibleo prevista dal progetto

5.1 La nuova rete: caratteristiche dei siti prescelti e realizzazione delle infrastrutture

5.2 Caratteristiche quali-quantitative degli acquiferi sotterranei monitorati dalla nuova rete

5.3 Configurazione del sistema di rilevazione, raccolta ed elaborazione dati e interfaccia con la rete esistente

5.4 Integrazione con misure in situ presso sorgive di interesse per il territorio

6. Caratterizzazione geologica e idrogeologica delle aree in studio

6.1 Premessa

6.2 Inquadramento geologico-strutturale

6.3 Caratteristiche geomorfologiche

6.4 Modello idrogeologico

6.4.1 Caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche

6.4.2 Caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi e loro vulnerabilità

6.4.3 Implementazione del modello numerico di flusso MODFLOW

7. Esercizio e manutenzione della rete di monitoraggio

7.1 Protocolli di raccolta ed elaborazione dei dati quali-quantitativi provenienti dalla rete di monitoraggio

7.2 Protocolli di manutenzione ordinaria e straordinaria della la rete di monitoraggio

7.2.1 Sonda multiparametrica: caratteristiche tecniche e manutenzione

7.2.2 Datalogger: caratteristiche tecniche

8. Primi risultati del monitoraggio effettuato mediante la rete tecnologica

8.1 Analisi degli andamenti e delle statistiche dei dati quali-quantitativi provenienti dalla rete di monitoraggio

8.1.1 Andamento e statistiche dei livelli di falda

8.1.2 Andamento e statistiche della concentrazione di nitrati

8.1.3 Andamento e statistiche della concentrazione di ossigeno disciolto

8.1.4 Andamento e statistiche della conducibilità elettrica

9. Trasferimento dei risultati del progetto agli stakeholder

9.1 Stakeholder coinvolti

9.2 Realizzazione del sito web del progetto “Moriso 2.0”

9.2.1 Architettura del sito e accessibilità

9.2.2 Diffusione dei risultati del progetto e report consultabili

9.2.3 Accesso a dati climatici via web

9.3 Realizzazione di seminari e incontri divulgativi sui risultati del progetto

Conclusioni

Bibliografia

Appendice

1. INTRODUZIONE

Nell'ultimo decennio, a seguito di fenomeni legati allo sviluppo residenziale e turistico-ricettivo, all'incremento delle attività agro-industriali, nonché alla massiccia diffusione delle colture in serra, l'ambiente naturale nel territorio ragusano ha subito notevoli mutamenti. In particolare le caratteristiche quali-quantitative delle risorse idriche, prelevate da fonti superficiali e sotterranee, appaiono fortemente degradate. Ciò è dovuto all'intensificarsi di attività di produzione e trasformazione dei prodotti agricoli e zootecnici, all'uso di fertilizzanti azotati e di prodotti fitosanitari, nonché allo spandimento indifferenziato sui suoli agricoli dei reflui zootecnici ed in generale dei reflui prodotti dalle industrie agroalimentari.

In tale contesto, la natura delle attività produttive, le modalità di rilascio e di propagazione della suddetta contaminazione nelle acque di falda e l'entità dei prelievi idrici per i diversi settori di utilizzo (agricolo, civile e industriale), insieme alla conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi del territorio, rappresentano elementi essenziali per definire lo stato quali-quantitativo delle risorse idriche sotterranee del territorio ibleo e per intraprendere azioni di mitigazione dei fenomeni di inquinamento.

Negli ultimi anni, nell'ambito di un progetto di cooperazione transfrontaliera Italia-Malta, avente come area di studio il territorio ibleo, il Centro Studi di Economia applicata all'Ingegneria di Catania (CSEI Catania), in collaborazione con l'Università degli Studi di Catania, l'ex Provincia Regionale di Ragusa (ora Libero Consorzio Comunale di Ragusa), l'ARPA di Ragusa e con la Regione Siciliana, ha realizzato una rete di monitoraggio delle caratteristiche quali-quantitative degli acquiferi ragusani. Tale rete si compone di una serie di sondaggi ambientali, alcuni realizzati ex novo, altri già gestiti dal Libero Consorzio Comunale di Ragusa, per un totale di 12 siti di interesse. I risultati del monitoraggio effettuato hanno evidenziato una forte pressione antropica a scapito delle falde sotterranee e dei corpi idrici superficiali del territorio, sia in termini di prelievi idrici, sia di possibili cause di contaminazione. Tali pressioni sono risultate particolarmente accentuate nell'ambito dei bacini minori fra Irminio e Scicli, sul torrente Modica Scicli e nella zona di Donnalucata, in cui si registrano condizioni di marcato inquinamento delle acque dovute agli scarichi puntuali provenienti dagli impianti di depurazione di acque reflue dei comuni limitrofi e ad attività agricole di tipo intensivo. Il sovra-fruttamento delle acque ha anche causato fenomeni di eccessivo abbassamento dei livelli di falda, soprattutto nelle zone costiere del territorio, con conseguenti fenomeni di intrusione salina. La concentrazione di nitrati riscontrata nei sondaggi ambientali della rete di monitoraggio è risultata, inoltre, ben al di sopra degli standard di qualità ambientale (Licciardello et al., 2011).

Tali risultati costituiscono sicuramente un punto di partenza importante per l'attività in fase di svolgimento nell'ambito del progetto MORISO 2.0. La numerosità dei sondaggi ambientali facenti

parte della rete esistente è, naturalmente, esigua rispetto all'ampiezza del territorio da monitorare e l'ampliamento della rete stessa appare fondamentale al fine di poter delineare un chiaro quadro della problematica di degrado ambientale che sembra stia caratterizzando gli acquiferi della Provincia di Ragusa.

2. OBIETTIVI DEL PROGETTO

Il progetto MORISO 2.0 si pone come obiettivo principale il monitoraggio degli acquiferi più significativi del territorio ibleo da cui si approvvigionano le imprese, attraverso il potenziamento di una rete tecnologica di sondaggi ambientali attrezzati con sonde multiparametriche, nonché la raccolta, l'analisi e la diffusione dei risultati ottenuti.

In particolare gli obiettivi specifici del progetto sono:

- Organizzare la rilevazione dei dati provenienti dalle sonde integrando la rete esistente con quella in progetto;
- Effettuare la caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi per una idonea interpretazione dei dati raccolti con il monitoraggio;
- Fornire indicazioni sul corretto esercizio e manutenzione della rete;
- Organizzare in un sito web le analisi e la diffusione dei dati agli utenti;
- Organizzare il trasferimento dei dati agli stakeholders.

La rete, che potenzierà quella esistente gestita dal Libero Consorzio Comunale di Ragusa, interesserà due aree del territorio ibleo: la prima area, relativa alla fascia costiera del territorio, in cui saranno valutati i fenomeni di intrusione salina e di contaminazione delle acque sotterranee da prodotti di scarto dell'attività serricola (nitrati, fitofarmaci, pesticidi); la seconda area, relativa al bacino del fiume Irmínio, nel quale sono oramai evidenti fenomeni di contaminazione e degrado legati, principalmente, allo scarico di prodotti di scarto di attività agro-alimentari.

3. LO STATO QUALITATIVO DELLE ACQUE SOTTERRANEE DEL TERRITORIO IBLEO

3.1 Introduzione

Le acque sotterranee contribuiscono a soddisfare una quota rilevante dei fabbisogni per uso agricolo nel territorio ibleo soprattutto nelle aree costiere interessate da una agricoltura fortemente specializzata nelle produzioni orticole e floricole; una parte dei fabbisogni agricoli è soddisfatta anche dalle acque distribuite dal Consorzio di Bonifica n.8 di Ragusa prelevate dal serbatoio Dirillo e dal bacino idrografico dell'Irminio. A breve entreranno in esercizio anche le opere di distribuzione per utilizzare per uso agricolo nel comprensorio di Scicli le acque invase nel serbatoio S. Rosalia, attualmente utilizzate per una piccola parte per l'approvvigionamento idropotabile dell'acquedotto dell'altopiano modicano gestito dal suddetto consorzio.

I fabbisogni idropotabili della provincia di Ragusa sono invece prevalentemente soddisfatti dalle risorse idriche sotterranee, fatta eccezione delle acque utilizzate dall'acquedotto a servizio dell'altopiano modicano.

Le acque sotterranee rappresentano pertanto una risorsa di enorme importanza strategica per lo sviluppo socio economico della provincia di Ragusa da utilizzare secondo i principi di tutela e sostenibilità ambientale, in relazione alle direttive europee sul tema delle risorse idriche che impongono vincoli stringenti al loro uso e che sono orientate al raggiungimento di un buono stato di qualità ambientale di tutti i corpi idrici.

L'eccessivo carico antropico, un eccessivo emungimento dalle falde sotterranee ed in generale dai corpi idrici, le attività agricole e zootecniche di tipo intensivo, la vulnerabilità degli acquiferi superficiali e sotterranei, lo scarico di reflui non trattati o parzialmente trattati sono tutti fattori che hanno compromesso seriamente lo stato quali-quantitativo delle risorse idriche sotterranee della provincia di Ragusa.

Negli ultimi decenni, l'incremento di pratiche agricole irrigue nel territorio ragusano ed in particolare nelle aree prossime alla costa e nella piana di Vittoria (bacino idrografico del fiume Ippari) ha portato alla realizzazione di numerose perforazioni, anche profonde, che pur emungendo dalla falda profonda originariamente in pressione, a causa della mancanza di un adeguato isolamento, hanno drenato anche la falda superficiale libera.

Il territorio ibleo è infatti caratterizzato da acquiferi con particolari caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi, alcuni dei quali presentano una elevata vulnerabilità (per maggiori dettagli si rimanda al Capitolo 6).

Considerando le caratteristiche idrogeologiche delle varie unità litostratigrafiche e raggruppando i litotipi in base al tipo e al grado di permeabilità, nel territorio in esame è possibile distinguere unità a bassa permeabilità, con circolazione idrica assente, e unità caratterizzate da una permeabilità variabile da bassa a alta che caratterizzano diversi acquiferi. Le unità a bassa permeabilità sono rappresentate dai complessi sedimentari marnosi (Trubi e Formazione Tellaro), caratterizzati da una permeabilità bassa, localmente media a causa della presenza di fratture. Nelle zone di affioramento rappresentano il tetto impermeabile della falda dell'acquifero carbonatico sottostante. Nel complesso la permeabilità varia da media a bassa (10^{-4} e 10^{-7} cm/s). Presentano un grado di vulnerabilità basso e bassissimo, per cui un eventuale inquinante potrà interessare solo le acque superficiali che le attraversano.

Le unità con permeabilità da bassa ad alta danno luogo a tre acquiferi:

- *Acquifero con falda libera superficiale in terreni incoerenti* (spessore 0-20 m);
- *Acquifero libero o parzialmente confinato nella successione dei depositi carbonatici del Membro Irminio della Formazione Ragusa*, caratterizzato da una permeabilità variabile da medio-bassa a medio-alta;
- *Acquifero profondo confinato nella successione dei depositi carbonatici del Membro Leonardo della Formazione Ragusa e della Formazione Amerillo*, caratterizzato da una permeabilità medio-alta per fessurazione.

3.2 Principali pressioni antropiche sulle risorse idriche sotterranee nella provincia di Ragusa

3.2.1 Premessa

Il territorio ragusano è mutato notevolmente in questi ultimi anni, a causa di fenomeni quali lo sviluppo residenziale e turistico-ricettivo (in alcuni casi non pianificato ed illegale), lo sviluppo delle attività industriali, la massiccia diffusione delle colture in serra. In particolare, oltre l'80% delle risorse idriche attualmente utilizzate è impiegato per l'irrigazione delle colture agrarie. Le attività di produzione e trasformazione dei prodotti agricoli e zootecnici costituiscono un ulteriore fattore di degrado delle risorse idriche superficiali e sotterranee a causa dell'uso di fertilizzanti azotati e di prodotti fitosanitari, nonché dello spandimento sui suoli agricoli dei reflui zootecnici e dei reflui dell'industria agroalimentare.

Le caratteristiche delle attività produttive, le modalità di rilascio e propagazione della contaminazione nelle acque di falda e i prelievi idrici nei diversi settori (agricolo, civile e industriale), insieme alle caratteristiche idrogeologiche costituiscono gli elementi di conoscenza essenziali per la definizione del piano di indagini, finalizzate alla definizione dello stato quali-quantitativo delle acque sotterranee nella provincia di Ragusa.

Le attività di monitoraggio previste nell'ambito del progetto MORISO 2.0 dovranno essere finalizzate a valutare le pressioni antropiche sulle falde sotterranee e sui corpi idrici superficiali in termini sia di prelievi idrici sia di possibili cause di contaminazione.

3.2.2 Bacini idrologici e corpi idrici sotterranei

Con il termine “corpo idrico sotterraneo” si intende una struttura idrogeologica, costituita da uno o più acquiferi, talora con comportamento autonomo, o in comunicazione idraulica con altre idrostrutture contigue, con cui possono realizzare scambi idrici. Le caratteristiche strutturali dei mezzi rocciosi, attraverso i reticoli di fratture, controllano il flusso idrico sotterraneo, sia in termini di aumento della permeabilità per fessurazione, che di diminuzione o sbarramento.

Secondo il percorso metodologico descritto nella Relazione Generale di Piano di tutela delle acque in Sicilia, il territorio siciliano è stato suddiviso 14 Bacini Idrogeologici significativi, riportati nella Tabella 3.1 e nella Figura 3.1, i cui corpi idrici sono stati definiti significativi sia per potenzialità idrica che per qualità delle acque.

Tabella 3.1 Bacini Idrogeologici significativi

<i>Denominazione bacino Idrogeologico</i>
Monti delle Madonie
Monte Etna
Monti Iblei
Monti di Palermo
Monti Sicani
Monti Nebrodi
Monti Peloritani
Monti di Trabia-Termini Imerese
Monti di Trapani
Rocca Busambra
Piana di Castelvetrano- Campobello di Mazara
Piana di Marsala - Mazara del Vallo
Piazza Armerina
Piana di Catania

Il territorio della provincia di Ragusa ricade interamente nel bacino idrogeologico dei Monti Iblei (Figura 3.1).

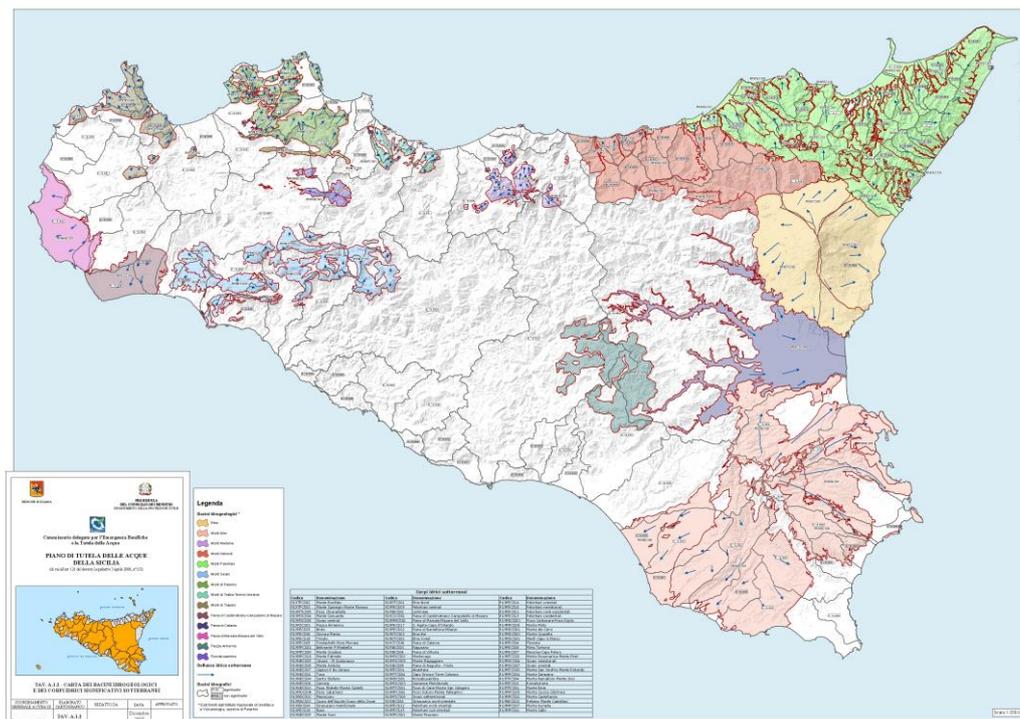


Figura 3.1 Carta dei bacini idrogeologici significativi

Il bacino idrogeologico dei Monti Iblei (codice R19IB) comprende i seguenti corpi idrici significativi:

1. Lentinese
2. Piana di Augusta-Priolo
3. Piana di Vittoria
4. Ragusano
5. Siracusano meridionale
6. Siracusano nord-orientale

I corpi idrici individuati, di cui uno carbonatico, due arenaceo-sabbiosi, uno vulcanico e due a carattere misto carbonatico e vulcanico, sono significativi dal punto di vista qualitativo e quantitativo per i seguenti motivi:

- estensione dei corpi idrici, il cui ammontare complessivo, in termini di risorsa media annua rinnovabile, è stimato in circa 941.349.180 m³ (circa 29.850 l/s), risorsa di grande rilevanza e strategicità per la Sicilia;
- elevata permeabilità per porosità, fratturazione, fessurazione e carsismo;
- elevato grado di vulnerabilità intrinseca delle falde libere;
- ingente risorsa idrica immagazzinata di buona qualità;

- la presenza di Zone di Protezione Speciale e di riserve, in corrispondenza dell'Oasi faunistica di Vendicari, della Valle dell'Anapo, del Cassibile, dell'Irminio ecc...
- Sovrasfruttamento della falda nelle zone costiere con conseguente fenomeni di intrusione marina.

I corpi idrici sotterranei che ricadono nella provincia di Ragusa sono i seguenti:

- Piana di Vittoria
- Ragusano

Corpo idrico Piana di Vittoria

I carichi trofici (Tabella 3.2) sono prodotti, per l'azoto, in maggior misura dal bacino dell'Ippari (41%); per il fosforo i maggiori contributi derivano dai bacini minori tra Acate e Ippari (39%) e Ippari (32%). Con riferimento al tipo di fonte che contribuisce alla formazione dei carichi trofici (Tab. 3.3), i maggiori contributi derivano, per l'azoto, dal dilavamento dei suoli coltivati (84%), per il fosforo, dagli scarichi di origine domestica non aventi recapito in fognatura (55%).

Tabella 3.2 Corpo idrico Piana di Vittoria: sintesi dei carichi di azoto e fosforo rilasciati dai vari bacini afferenti (valori in %)

<i>Bacini</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>N</i>	<i>P</i>
Acate e BM Gela-Acate	98.21	19.9	16.6
BM Ippari-Irminio	94.32	19.9	12.3
Ippari	211.04	41.5	32.5
BM Acate-Ippari	117.03	18.7	38.6

Tabella 3.3 Corpo idrico Piana di Vittoria: sintesi dei carichi di azoto e fosforo distinti in base al tipo di fonte (valori in %)

<i>Origine</i>	<i>N</i>	<i>P</i>
Domestici non fognari	0.7	55.4
Fertilizzanti	84.6	40.8
Dilavamento	2.0	0.7
Zootecnico	12.7	3.1

Corpo idrico Ragusano

I carichi trofici (Tabella 3.4) sono prodotti, per l'azoto, in maggior misura dai bacini minori tra Scicli e Capo Passero (23%) e dal Tellaro (22%); per il fosforo invece il contributo maggiore deriva dallo Scicli e bacini minori tra Irminio e Scicli (61%). Con riferimento al tipo di fonte che contribuisce alla formazione dei carichi trofici (Tabella 3.5), i maggiori contributi derivano, per l'azoto, dal dilavamento dei suoli coltivati (74%), per il fosforo, dagli scarichi di origine domestica non aventi recapito in fognatura (78%).

Tabella 3.4 Corpo idrico Ragusano: sintesi dei carichi di azoto e fosforo rilasciati dai vari bacini afferenti (valori in %)

<i>Bacini</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>N</i>	<i>P</i>
Bm Scicli-Capo Passero	119.14	23.0	12.1
BM Ippari-Irminio	1334.66	13.2	4.5
Tellaro	188.45	21.9	7.2
Irminio	130.98	11.0	9.8
Licodia Eubea (Dirillo)	28.79	2.5	0.8
Santa Rosalia	80.27	5.2	1.5
Scicli e BM Irminio-Scicli	130.93	16.6	61.3
Acate e BM Gela-Acate	11.63	1.1	0.5
Ippari	60.04	5.5	2.4

Tabella 3.5 Corpo idrico Ragusano: sintesi dei carichi di azoto e fosforo distinti in base al tipo di fonte (valori in %)

<i>Origine</i>	<i>N</i>	<i>P</i>
Domestici non fognari	1.9	77.6
Fertilizzanti	73.6	18.5
Dilavamento	2.6	0.5
Zootecnico	21.9	3.4

3.3 Attività di monitoraggio delle risorse idriche sotterranee nel territorio ibleo

3.3.1 Attività svolta dall'Università di Catania in collaborazione con ARPA- DAP Ragusa

Un gravissimo depauperamento qualitativo e quantitativo delle risorse idriche nella zona di Donnalucata era già stato evidenziato nell'attività condotta nel periodo Febbraio 2009 – Dicembre 2011 dall'Università degli Studi di Catania in collaborazione con ARPA-DAP Ragusa in 8 pozzi (Licciardello et al., 2011). In particolare l'attività di monitoraggio condotta ha evidenziato che le attività agricole di tipo intensivo hanno seriamente compromesso la disponibilità di risorse idriche superficiali e sotterranee in termini qualitativi e quantitativi e che in particolare le falde sotterranee in prossimità delle coste marine risultano quelle più compromesse. Infatti, il loro sovra-sfruttamento ha provocato una salinizzazione degli acquiferi dovuta all'intrusione di acqua di mare; inoltre, con l'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi, si è avuta una contaminazione della falda suddetta generalmente poco profonda e non protetta. In particolare, concentrazioni superiori a quelle fissate dal D.L. 30/2009 per i nitrati sono stati trovati in 6/8 siti; valori di pesticidi superiori ai limiti sono stati riscontrati in un sito denominato A2.

Tabella 3.6 Pozzi monitorati dall'Università di Catania - ARPA nel triennio feb 2009 – dic 2011

Rete	Codice stazioni	Coordinate cartografiche		Dati disponibili monitoraggio manuale
		metri_NORD	metri_EST	
Rete Unict	A1	4070564	2489121	Feb 2009 - Dic 2011
	A2	4068397	2489836	
	A3	4066215	2491062	
	A4	4066466	2491578	
	A5	4068459	2491045	
	A8	4068555	2489896	
	A9	4067228	2489637	

Il fenomeno dell'intrusione salina è stato studiato a partire dai dati chimico fisici raccolti nel campionamento dei pozzi ricadenti nell'area di studio. In particolare si è fatto riferimento ai valori di conducibilità e di cloruri che risultano i parametri ricercati in tutte le campagne di monitoraggio. E' evidente come risulta dai dati riportati nella tabella 5.1, che il fenomeno interessa maggiormente i pozzi e le sorgenti che sono ubicati in prossimità della costa: A2, A3, A4, A5, Pozzo Carnemolla, Pozzo Manenti e Sorgente Polla.

Tabella 3.7 Valori mensili delle C.E. nei pozzi della rete UNICT monitorate durante il triennio 2009-2011

	C.E. (mS/cm)							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A8	A9
Febbraio – 09		0.91	1.75	1.03	1.11			
Marzo – 09	0.76	1.03	2.35	1.20	1.15			
Aprile – 09	0.77	1.02	2.21	1.14	1.16			
Maggio – 09	0.75	1.02	2.21	1.15	1.20			
Giugno – 09	0.75	1.08	2.18	1.20	1.14			
Luglio – 09	0.75	1.23	2.25	1.23	1.12			
Agosto – 09	0.75	1.21	2.2	1.19	1.15	0.88		
Settembre – 09	0.74	1.01	2.43	1.25	1.18	0.89		
Ottobre – 09	0.73	0.84	2.46	1.24	1.15	0.73		
Novembre – 09	0.73	0.82	2.3	1.20	1.13	0.82		
Dicembre – 09	0.75	0.96	2.65	1.35	1.16	0.90		
Gennaio – 10	0.755	0.84	2.09	1.21	1.20	0.483		
Febbraio – 10	0.74	0.91	2.59	1.05	1.15	0.54		
Marzo – 10	0.75	0.83	2.56	1.21	1.18	0.49		
Aprile – 10	0.80	0.92	2.68	1.22	1.12	0.81		
Maggio – 10	0.73	0.92	2.13	1.22	1.16	0.81		
Giugno – 10	0.74	0.86	2.22	1.24	1.13			
Luglio – 10	0.74	0.97	2.34	1.24	1.17	0.86		
Agosto – 10	0.75	0.99	2.32	1.23	1.14			
Febbraio – 11		0.89					0.90	1.80
Marzo – 11		1.00					0.90	1.77
Aprile – 11		0.98					0.94	
Giugno – 11		1.04					0.97	1.81
Luglio – 11		1.33					1.00	1.86
Settembre – 11		1.24					0.95	1.60
Novembre – 11		0.81					0.98	1.77
Dicembre -11-1 ^a dec		1.98					0.99	1.77
Dicembre -11-3 ^a dec		0.99					0.97	1.80

Tabella 3.8 Valori mensili delle C.E. nei pozzi della rete Arpa monitorate durante il triennio 2009-2011

	C.E. (mS/cm)								
	Cannata	Dammuso	Carnemolla	Manenti	Petraro	S. Mariotta	S. Salto di Lepre	S.Santa M. La Nova	S. Polla
Maggio - 09			1.04						
Giugno - 09	0.85	0.93	1.24		0.80	0.78		0.67	
Ottobre - 09			1.27						
Febbraio - 10	0.77	0.83		1.15	0.68		0.73	0.62	
Marzo - 10			1.10			0.71			
Maggio - 10			1.13						0.80
Luglio - 10			1.18						1.48
Settembre - 10	0.74	0.94		1.16	0.65	0.78	0.72	0.81	
Novembre - 10			1.20						
Marzo - 11			1.53			0.73	0.74	0.74	0.92
Aprile - 11				1.17					
Maggio - 11			1.32			0.77	0.71	0.69	1.02
Giugno - 11		0.82							
Luglio - 11			1.19						1.03
Settembre - 11		0.84				0.75	0.74	0.63	
Novembre - 11			1.09	1.05		0.69	0.65	0.68	

Tabella 3.9 Valori mensili delle concentrazioni di Cloruri nei pozzi della rete UNICT monitorate durante il triennio 2009-2011

	Cloruri (mg/L)							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A8	A9
Febbraio - 09		261	500	295	317			
Marzo - 09	183	300	517	305	322			
Aprile - 09	178	294	517	307	313			
Maggio - 09	177	288	471	298	311			
Giugno - 09	152	277	474	287	268			
Luglio - 09	125	378	522	378	244			
Agosto - 09	105	95	560	505	210	150		
Settembre - 09	121	110	543	412	207	144		
Ottobre - 09	106	124	452	241	216	71		
Novembre - 09	110	127	473	258	221	70		
Dicembre - 09	108	125	462	250	218	68		
Gennaio - 10	117	122	468	257	221	68		
Febbraio - 10	120	125	460	248	220	70		
Marzo - 10	106	124	451	244	217	71		
Aprile - 10	88	111	420	224	168	71		
Maggio - 10	122	125	456	248	221	73		
Giugno - 10	88	109	420	227	168			
Luglio - 10	127	130	458	251	220	81		
Agosto - 10	129	115	431	233	170			
Febbraio - 11		73					109.7	312.6
Marzo - 11		76.9					110.8	278
Aprile - 11		68.2					113.8	
Giugno - 11		82.8					120.3	294
Luglio - 11		85					120	290
Settembre - 11		82					125	262
Novembre - 11		46					119	267
Dicembre -11- 1 ^a dec		83.3					117	273
Dicembre -11- 3 ^a dec		71.2					114.5	270

Tabella 3.10 Valori mensili delle concentrazioni di Cloruri nei pozzi della rete Arpa monitorate durante il triennio 2009-2011

	Cloruri (mg/L)								
	Cannata	Dammuso	Carnemolla	Manenti	Petraro	S. Mariotta	S. Salto di Lepre	S.Santa M. La Nova	S. Polla
Maggio - 09			140						
Giugno - 09	79	77.3	150		63.8	54.4		35.9	
Ottobre - 09			147.3						
Febbraio - 10	74.3	71		114.3	57		48.6	36.4	
Marzo - 10			135			50.7			
Maggio - 10			143.2						
Luglio - 10			143.7						256.9
Settembre - 10	72.6	75.2		118	58	52.5	52.1	53	
Novembre - 10			90.8						
Marzo - 11			109			46.6	46.5	48	101
Aprile - 11				120.6					
Maggio - 11			73.5			68.5	48	49	126
Giugno - 11		69.4							
Luglio - 11			144.2						117.7
Settembre - 11		67.9				51.2	51.2	36.2	
Novembre - 11			90	112.9		48.6	47.4	49	

Le conducibilità e i valori di cloruri delle acque dei pozzi A2, A3, A4, Carnemolla, Manenti e sorgente Polla confermano il modello idrogeologico che vede in questa zona una interconnessione della falda superficiale con le acque marino costiere e le falde non sembrano subire variazioni sostanziali a seguito delle precipitazioni registrate nel periodo di riferimento. Tuttavia nel pozzo A2 va segnalato nel triennio un progressiva riduzione della concentrazione dei cloruri.

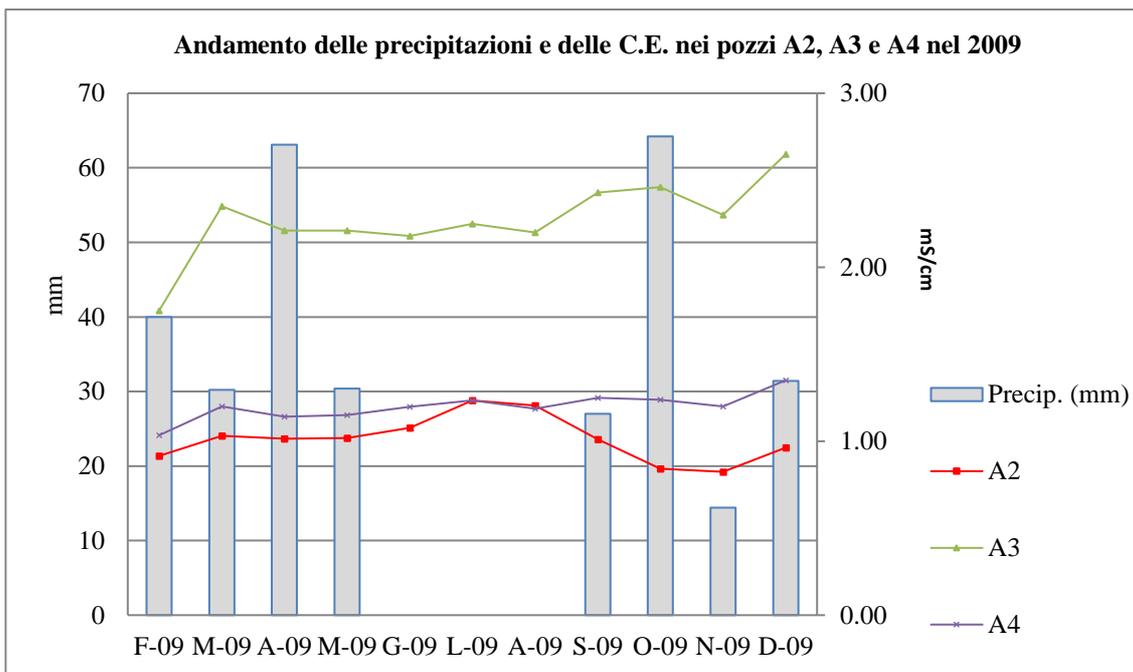


Figure 3.2 Andamento delle precipitazioni e delle C.E. nei pozzi della rete Unict che presentano una C.E. maggiore di un 1 mS/cm nel 2009

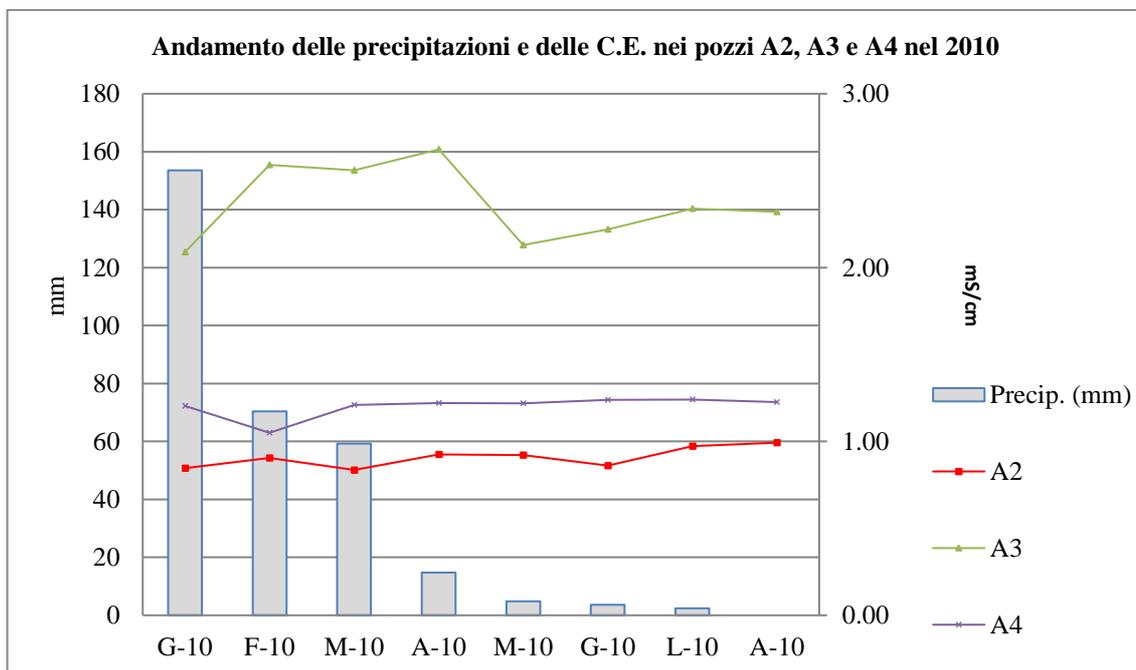


Figure 3.3 Andamento delle precipitazioni e delle C.E. nei pozzi della rete Unict che presentano una C.E. maggiore di un 1 mS/cm nel 2010

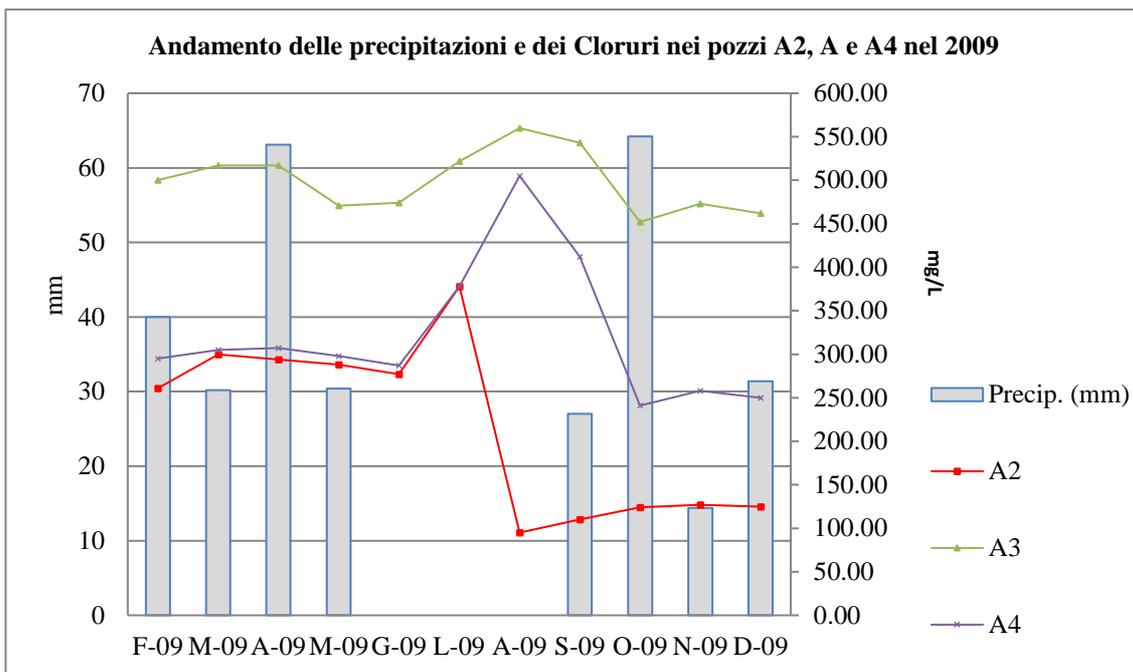


Figure 3.4 Andamento delle precipitazioni e dei Cloruri nei pozzi della rete Unict che presentano una concentrazione maggiore di 70 mg/l nel 2009

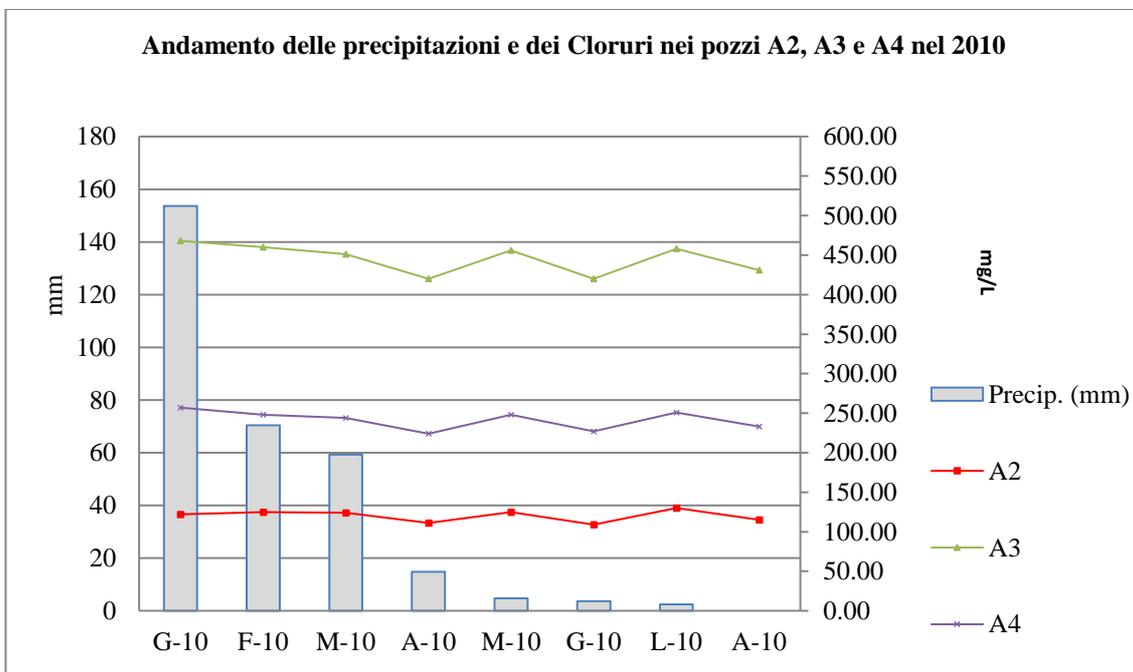


Figure 3.5 Andamento delle precipitazioni e dei Cloruri nei pozzi della rete Unict che presentano una concentrazione maggiore di 70 mg/l nel 2010

Di seguito vengono riportate le medie annuali delle C.E. dei pozzi dividendoli in pozzi per uso irriguo e pozzi per uso potabile. Considerando che il valore soglia per la C.E. è di 2,5 mS/cm (tabella 3 – allegato 3 A.2 del D.lgs 30/2009), tutti i pozzi monitorati nel triennio non superano detto valore.

Tabella 3.11 Valori medi di conducibilità elettrica riscontrati nei pozzi per uso irriguo e uso potabile durante il triennio

		Conducibilità elettrica									
		ANNO 2009			ANNO 2010			ANNO 2011			
		MEDIA (mS/cm)	Conf. Valore soglia	Non Conf. Valore soglia	MEDIA (mS/cm)	Conf. Valore soglia	Non Conf. Valore soglia	MEDIA (mS/cm)	Conf. Valore soglia	Non Conf. Valore soglia	
POZZI UNICT	PER USO IRRIGUO	A1	0.747	X		0.751	X				
		A2	1.012	X		0.908	X		0.957	X	
		A3	2.272	X		2.366	X				
		A4	1.198	X		1.202	X				
		A5	1.149	X		1.157	X				
		A6	0.840	X		0.664	X				
		A8							0.936	X	
		A9							1.795	X	
		RETE ARPA	PER USO POTABILE	Carnemolla	1.181	X		1.129	X		1.281
S. Polla				X		1.141	X		1.026	X	
Cannata	0.845			X		0.756	X				
Dammuso	0.931			X		0.887	X		0.831	X	
Manenti				X		1.154	X		1.109	X	
Petraro	0.799			X		0.666	X				
S. Mariotta	0.785			X		0.747	X		0.733	X	
S. Salto di Lepre				X		0.728	X		0.710	X	
S.Santa M. La Nova	0.665			X		0.716	X		0.684	X	

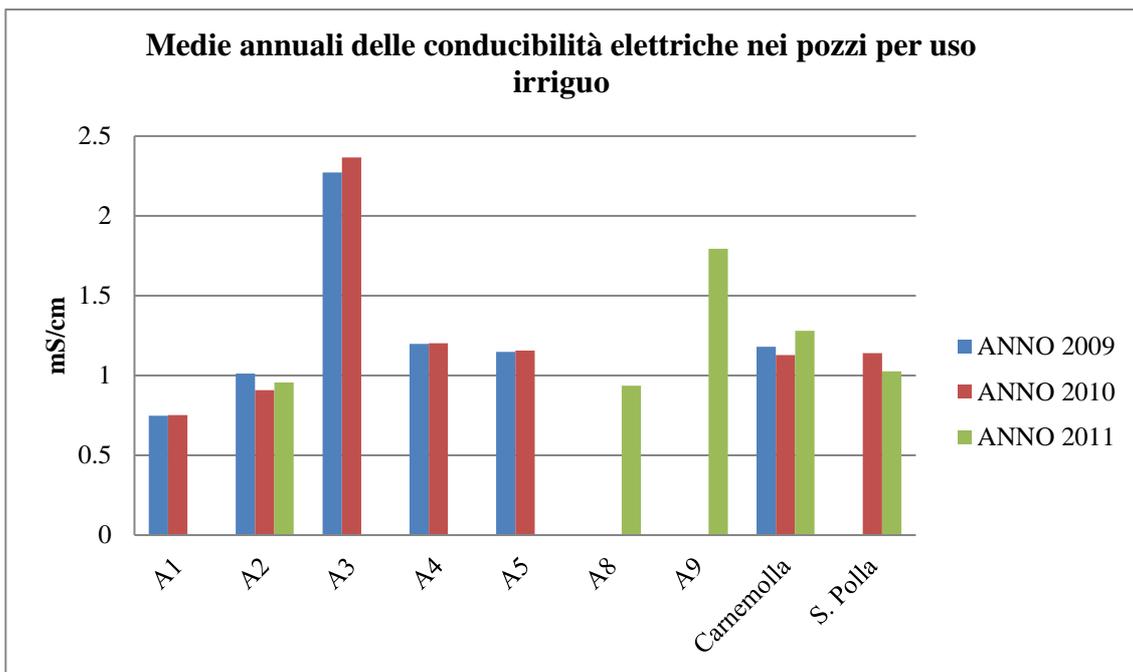


Figure 3.6 Valori medi annuali di conducibilità elettrica riscontrati nei pozzi ad uso irriguo

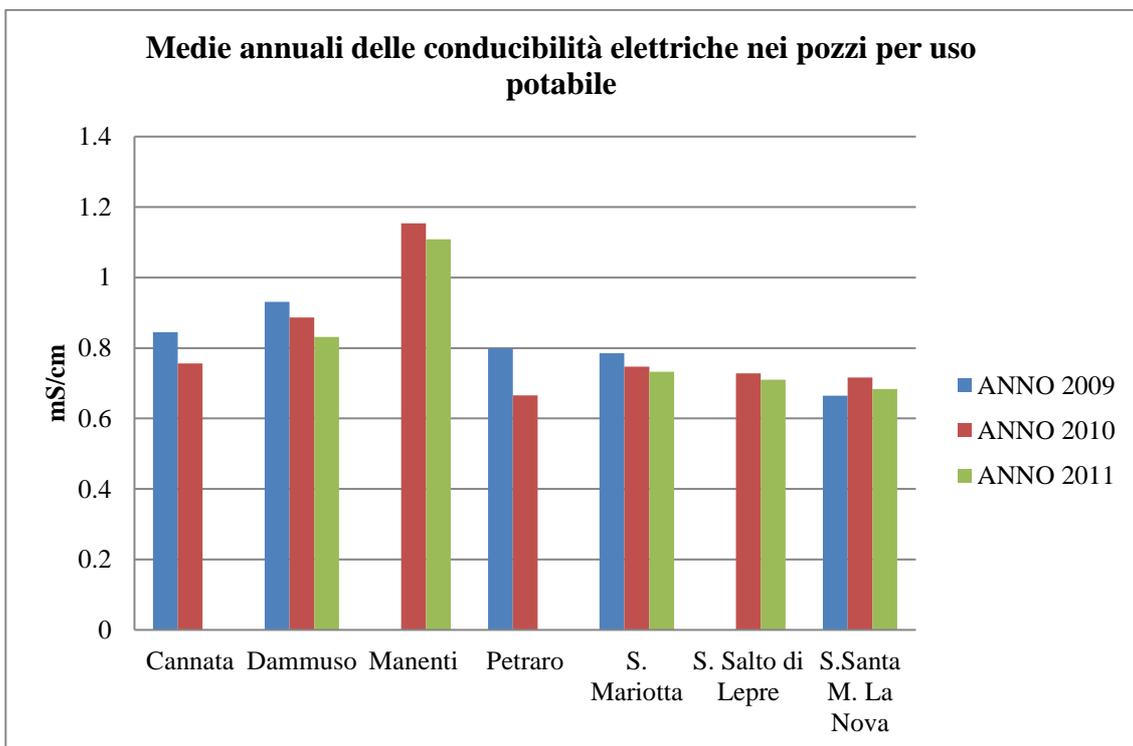


Figure 3.7 Valori medi annuali di conducibilità elettrica (mS/cm) riscontrati nei pozzi ad uso potabile

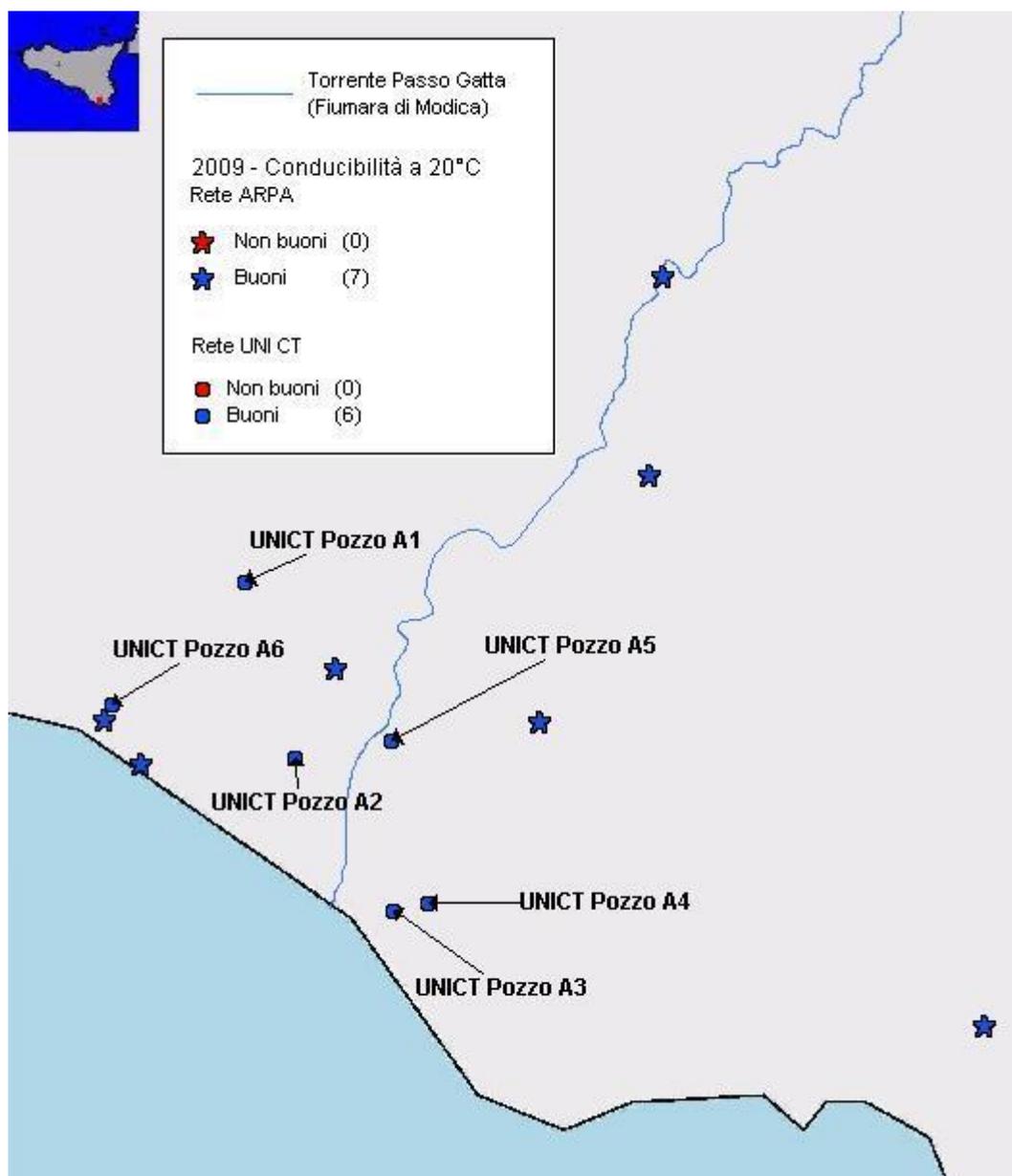


Figure 3.8 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di C.E. riscontrati durante l'anno 2009

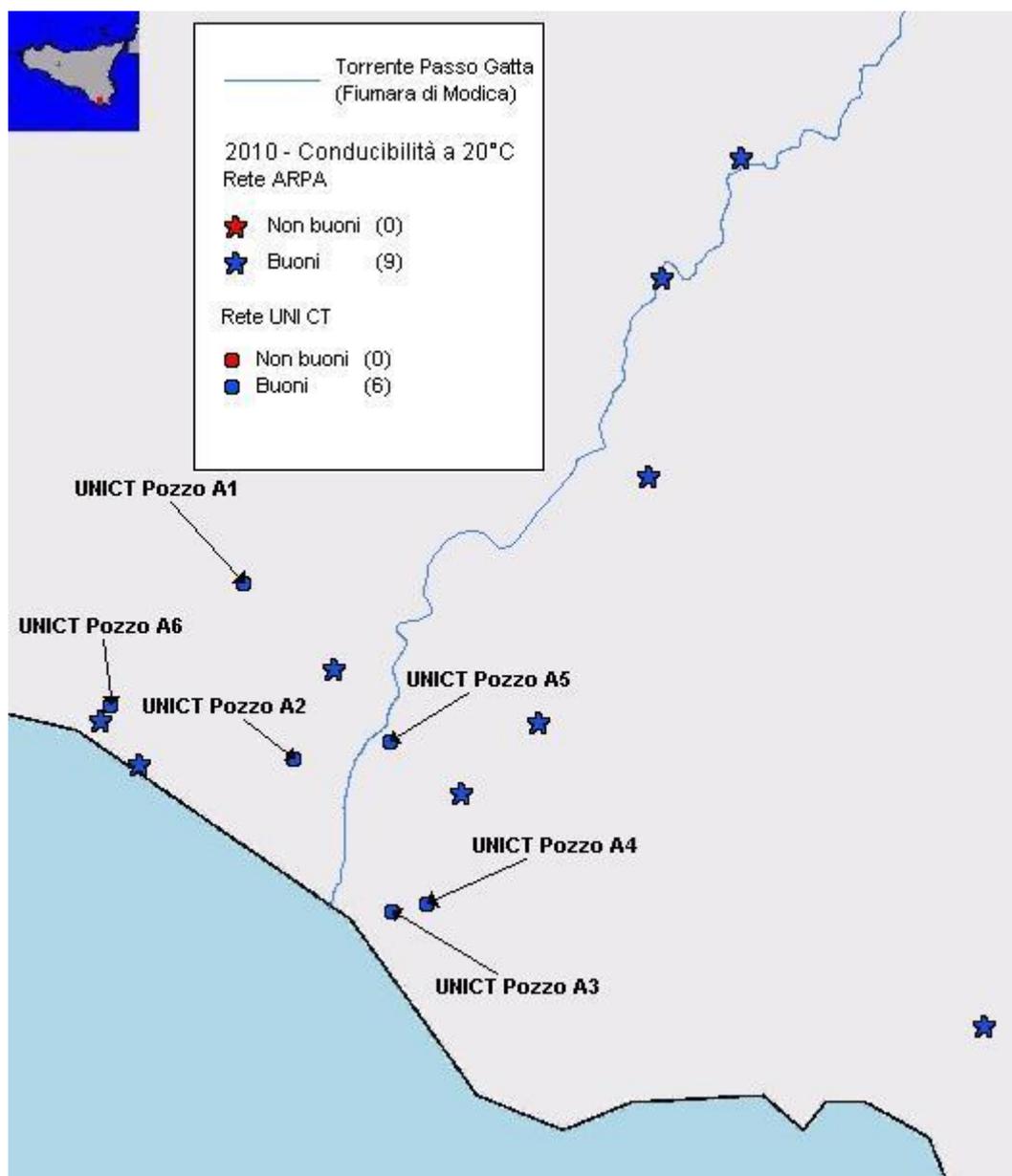


Figure 3.9 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di C.E. riscontrati durante l'anno 2010

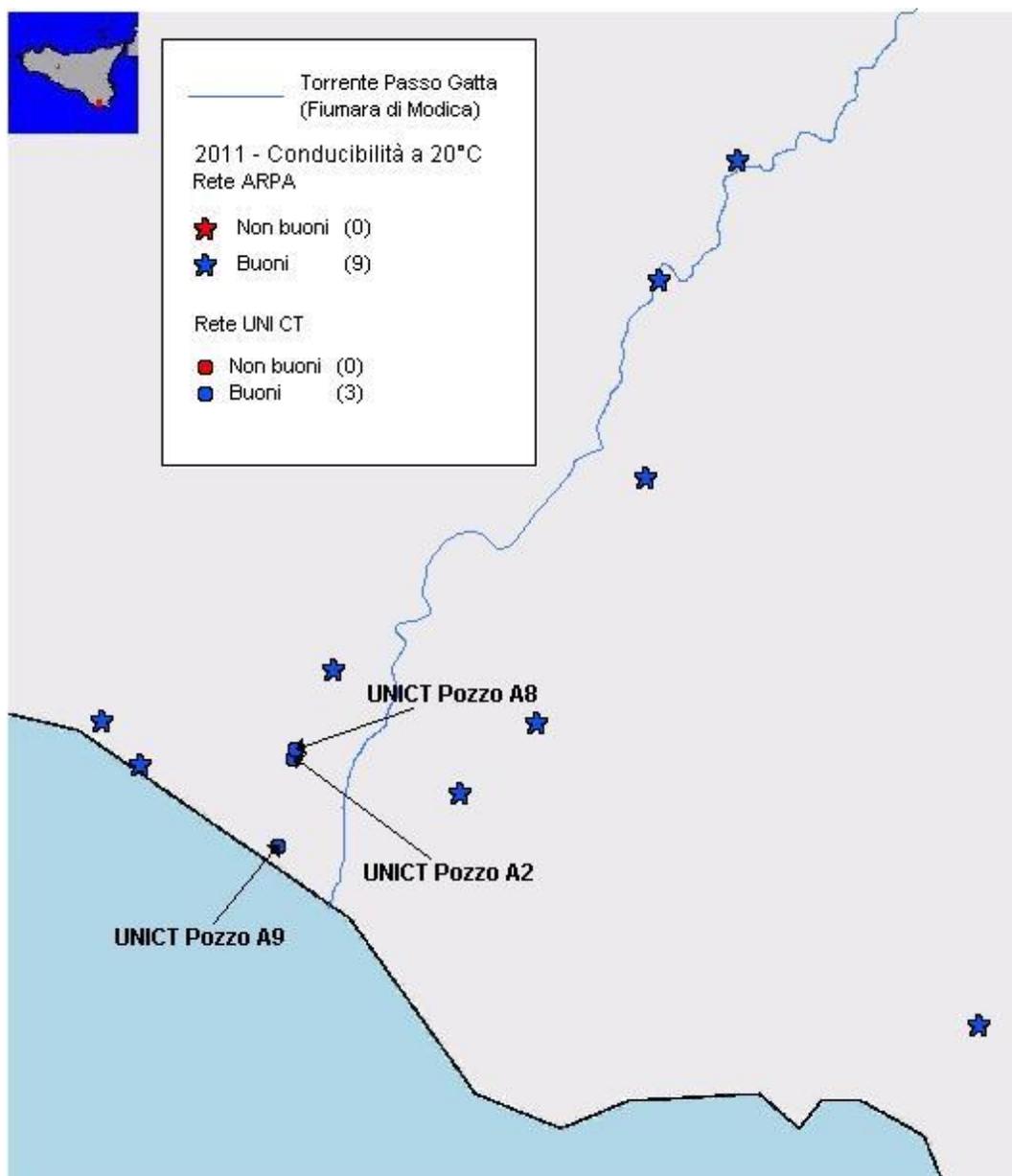


Figure 3.10 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di C.E. riscontrati durante l'anno 2011

Per quanto riguarda la concentrazione dei cloruri, nella Tabella 3.12 vengono riportate le medie annuali nel triennio considerato. Per i cloruri, si fa riferimento al limite di 250 mg/l previsto dal D.Lgs 31/2001 per le acque destinate al consumo umano. I pozzi della rete Unict che presentano nelle campagne di monitoraggio effettuate, concentrazioni media superiori al predetto limite sono: nel 2009, i pozzi A3, A4 e A5, nel 2010 A3 e nel 2011 il pozzo A9. Della rete Arpa solo la Sorgente Polla, nel 2010 presenta valori medi che superano i 250 mg/L.

Tabella 3.12 Valori medi di cloruri riscontrati nei pozzi per uso irriguo e uso potabile durante il triennio

		Cloruri									
		ANNO 2009			ANNO 2010			ANNO 2011			
		MEDIA (mg/l)	Conforme Limite di legge	Non Conforme Limite di legge	MEDIA (mg/l)	Conforme Limite di legge	Non Conforme Limite di legge	MEDIA (mg/l)	Conforme Limite di legge	Non Conforme Limite di legge	
POZZI UNICT	PER USO IRRIGUO	A1	136.5	x		112.1	x				
		A2	216.3	x		120.2	x		74.3	x	
		A3	499.2		x	445.5		x			
		A4	321.5		x	241.5	x				
		A5	258.8		x	200.6	x				
		A6	100.60	x		72.3	x				
		A8							116.7	x	
		A9							280.8		x
		RETE ARPA	PER USO	Carnemolla	145.8	x		128.2	x		104.2
S. Polla						256.9		x	114.9	x	
Cannata	79			x		73.5	x				
Dammuso	77.3			x		73.1	x		68.7	x	
Manenti						116.2	x		116.8	x	
Petraro	63.8			x		57.5	x				
S. Mariotta	54.4			x		51.6	x		53.7	x	
S. Salto di Lepre						50.4	x		48.3	x	
S.Santa M. La Nova	35.9			x		44.7	x		45.6	x	

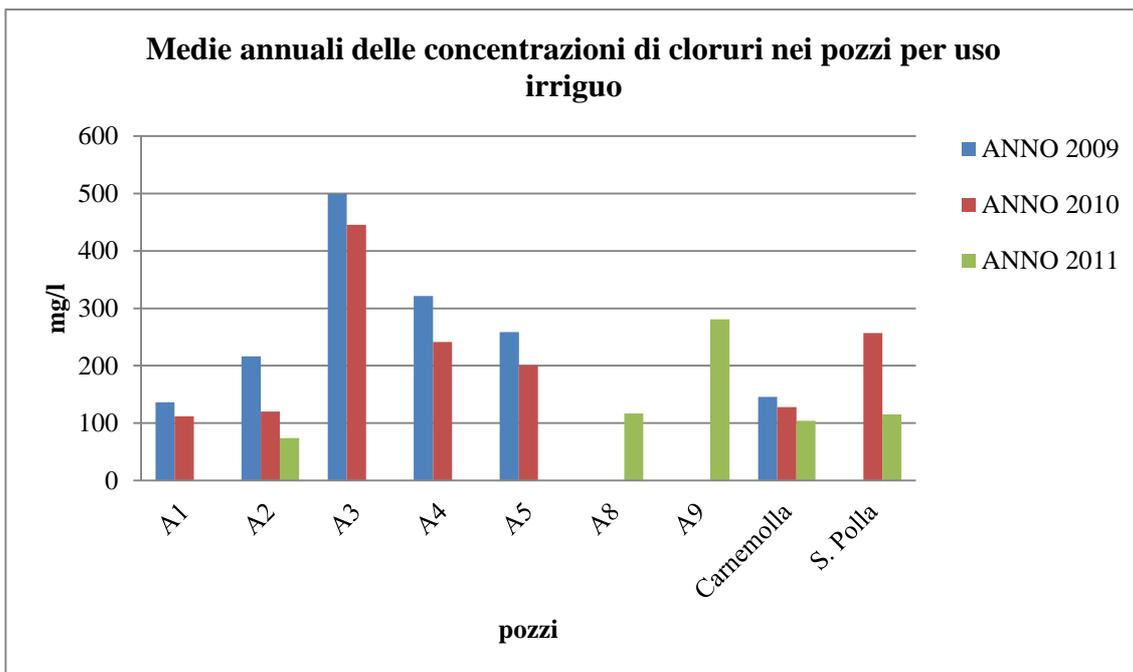


Figure 3.11 Valori medi annuali di cloruri (mg/l) riscontrati nei pozzi ad uso irriguo

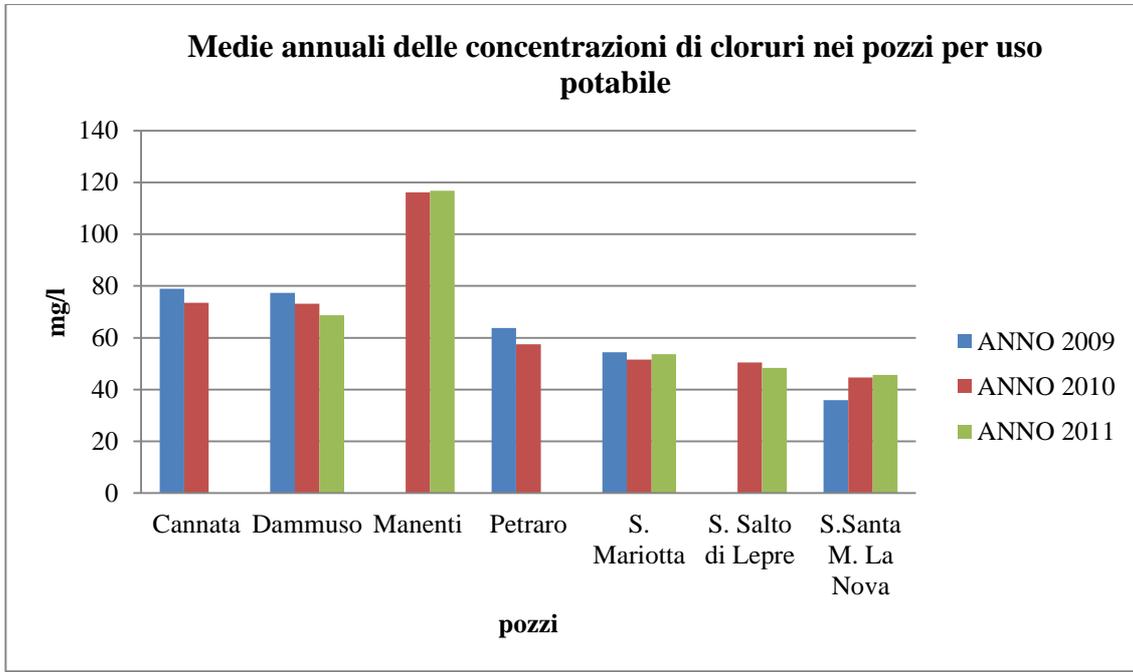


Figure 3.12 Valori medi annuali di cloruri (mg/l) riscontrati nei pozzi ad uso potabile

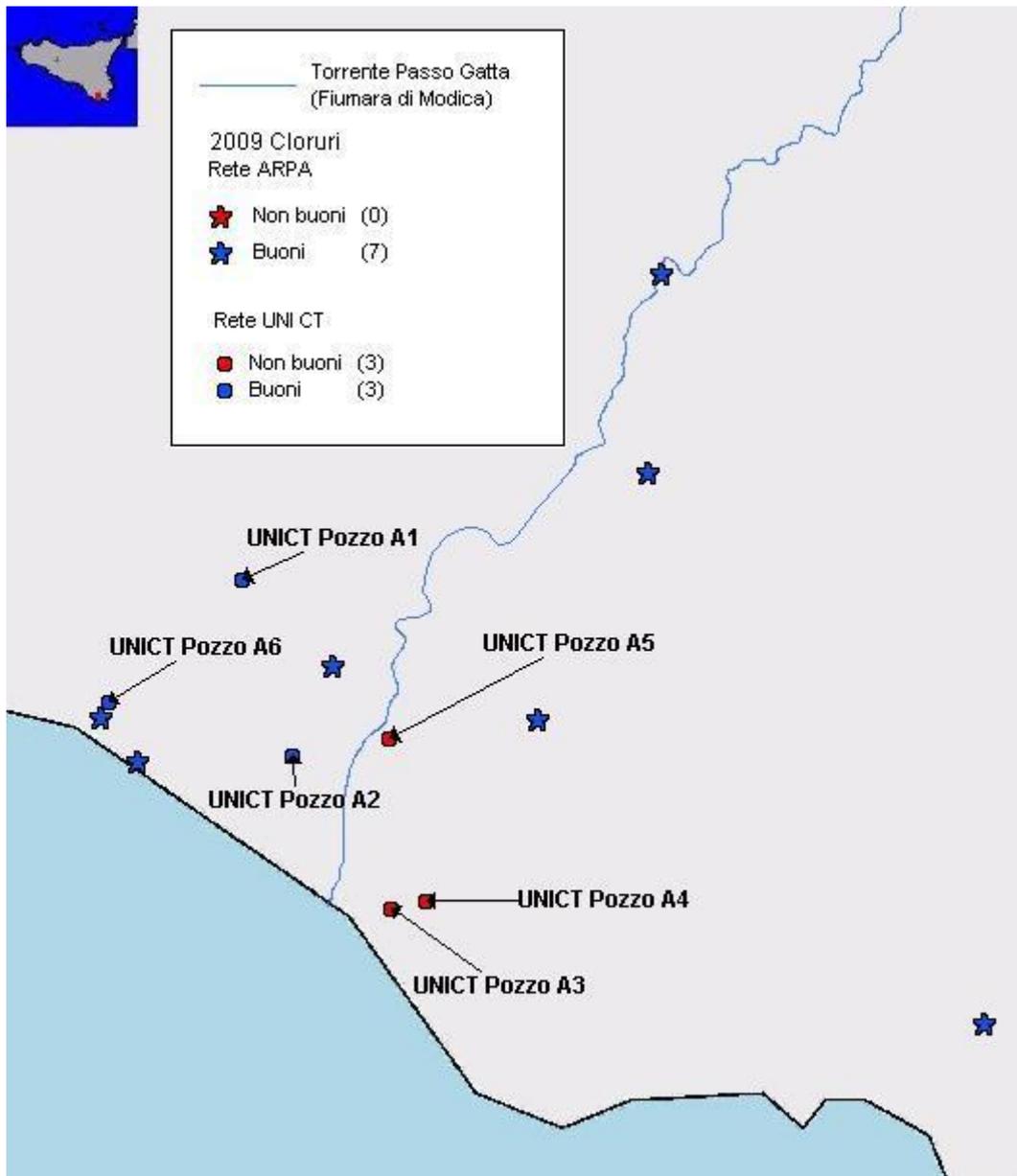


Figure 3.13 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di cloruri riscontrati durante l’anno 2009

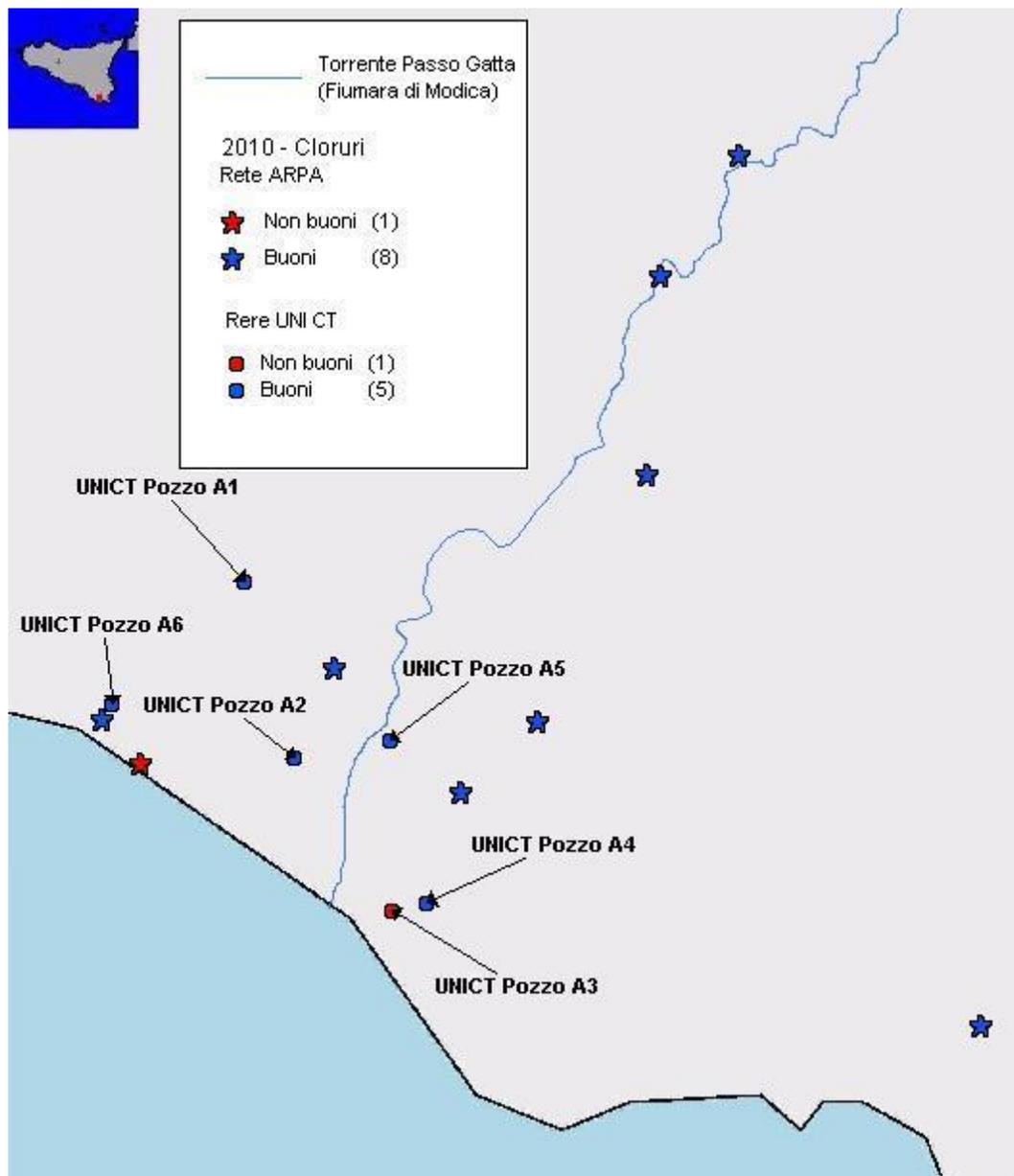


Figure 3.14 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di cloruri riscontrati durante l'anno 2010

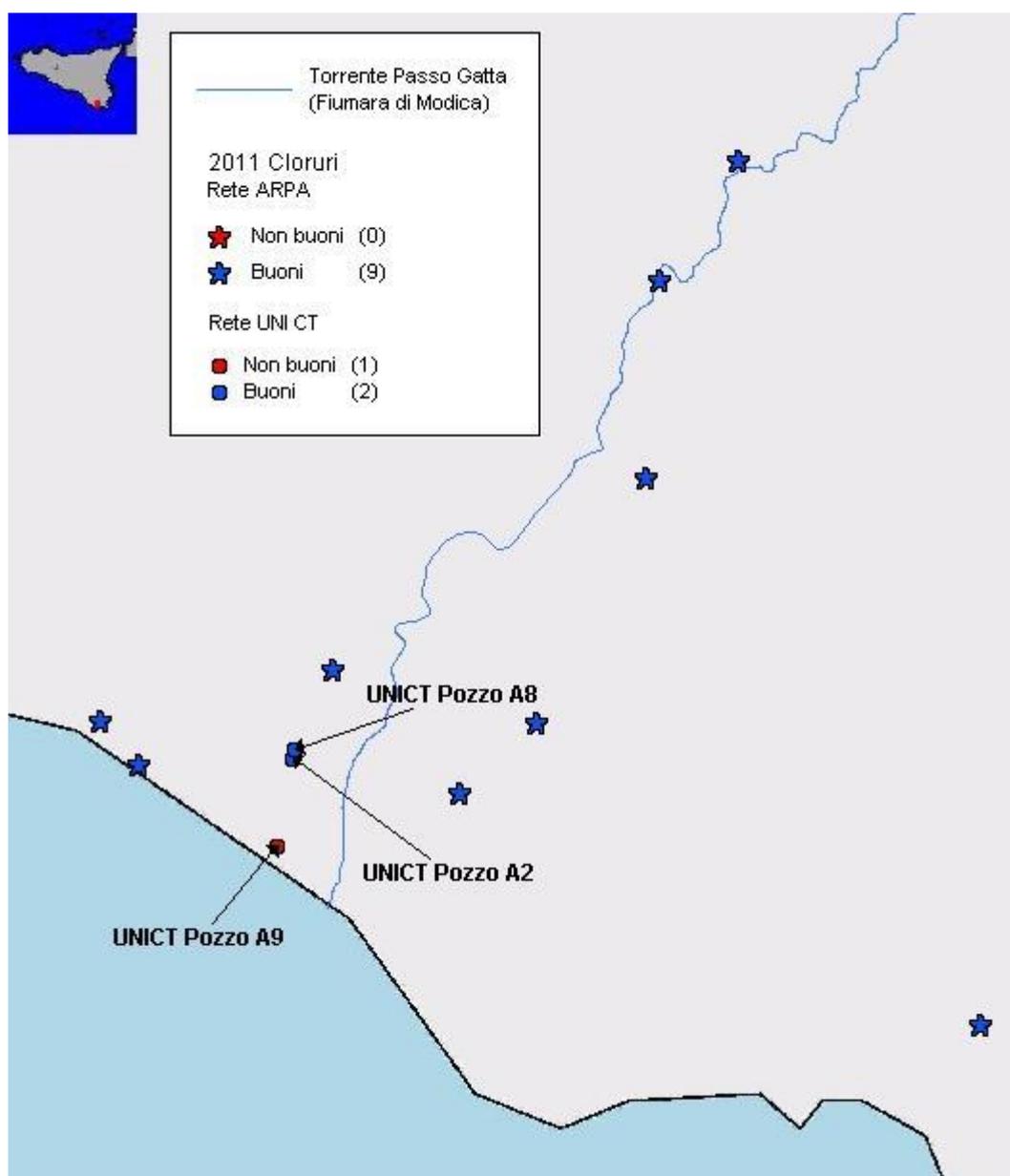


Figure 3.15 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di cloruri riscontrati durante l'anno 2011

Come è noto la concentrazione nelle acque sotterranee dell'azoto nitrico dipende dall'entità delle pressioni antropiche sia di tipo diffuso, riconducibili all'impiego di fertilizzanti azotati e di effluenti di allevamento, sia di tipo puntuale, dovute alle perdite da reti fognarie, scarichi puntuali di reflui urbani e industriali. La presenza di nitrati nelle acque sotterranee ma soprattutto la loro eventuale tendenza all'aumento nel tempo costituisce uno degli aspetti più preoccupanti dell'inquinamento delle acque sotterranee. I nitrati sono infatti ioni molto solubili, difficilmente immobilizzabili dal terreno, che percolano facilmente nel suolo raggiungendo, quindi, l'acquifero.

Lo standard di qualità (SQA) individuato a livello comunitario per i nitrati è pari a 50 mg/L. Tale soglia è stata definita dalla Direttiva 2006/118/CE, poi recepita dal D.L.vo 30/2009, come norma di qualità ai fini della valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee.

La concentrazione di nitrati è uno dei principali parametri per la definizione della classe di stato chimico delle acque sotterranee, che si riflette poi sullo stato ambientale complessivo della risorsa. E' un indicatore importante anche per individuare e indirizzare le azioni di risanamento da adottare attraverso gli strumenti di pianificazione della risorsa idrica e consente poi, di monitorare gli effetti di tali azioni, al fine di verificarne il perseguimento degli obiettivi di qualità ambientale.

Di seguito si riportano le tabelle 3.13 e 3.14 con le concentrazioni di nitrati riscontrati durante il triennio rispettivamente nei punti di campionamento della rete Unict e nei punti di campionamento della rete Arpa.

Tabella 3.13 Valori mensili delle concentrazioni di Nitrati nei pozzi della rete Unict monitorate durante il triennio 2009-2011

	Nitrati (mg/L)							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A8	A9
Febbraio - 09		68.2	162.84	81.09	86.36			
Marzo - 09	11.74	64.97	190.96	83.04	80.2			
Aprile - 09	12	60.58	174.66	84.72	67.93			
Maggio - 09	12	60.58	174.66	84.72	67.93			
Giugno - 09	7.44	112.49	192.64	111.42	41.23			
Luglio - 09	14.08	130.55	212.97	130.55	52.61			
Agosto - 09	16.7	106.06	153.27	117.18	119.88	54,96		
Settembre - 09	16.92	108.46	169.08	89.81	127.9	51,24		
Ottobre - 09	5.93	20.5	116.65	44.2	48.45	13,20		
Novembre - 09	13.68	27.28	152.34	58.99	48.8	32,46		
Dicembre - 09	8.9	55.58	137.29	109.83	35.61	33,79		
Gennaio - 10	16.65	66.92	170.28	53.9	44.29	30,11		
Febbraio - 10	19.22	63.46	173.51	65.1	70.68	84,28		
Marzo - 10	7.57	116.12	155	80.87	65.45	17,58		
Aprile - 10	7.79	84.45	179.45	104.16	65.99	39,10		
Maggio - 10	13.86	42.2	183.34	117.49	83.97	43,58		
Giugno - 10	7.79	29.36	184.89	121.08	84.59			
Luglio - 10	17.01	49.16	177.14	107.22	83.7	40,48		
Agosto - 10	15.94	32.15	172.71	119.57	90.48			
Febbraio - 11		82.3					<1	227
Marzo - 11		82					<1	204
Aprile - 11		91.3					<1	
Giugno - 11		72.3					<1	208
Luglio - 11		142					<1	194
Settembre - 11		105.5					<1	193
Novembre - 11		82					<1	201
Dicembre -11-1 ^a dec		121					<1	188
Dicembre -11-3 ^a dec		106					<1	196

Tabella 3.14 Valori mensili delle concentrazioni di Nitrati nei pozzi della rete Arpa monitorate durante il triennio 2009-2011

	Nitrati (mg/L)								
	Cannata	Dammuso	Carnemolla	Manenti	Petraro	S. Mariotta	S. Salto di Lepre	S.Santa M. La Nova	S. Polla
Maggio - 09			0.5						
Giugno - 09	18.3	39.6	0.5		21.9	28.2		9.4	38.4
Ottobre - 09			0.5						
Febbraio - 10	19.9	34.8		98.5	19.7		45.2	12.1	
Marzo - 10			0.5			36			
Maggio - 10			0.5						
Luglio - 10			2.4						53.6
Settembre - 10	18.7	40.4		107.5	17.9	36.3	41.9	38.7	
Novembre - 10			9.8						
Marzo - 11			<1			35.5	35.5	32.7	39.4
Aprile - 11				97.5					
Maggio - 11			<1			35.7	35.8	32.7	38.8
Giugno - 11		41.6							
Luglio - 11			<1						40.4
Settembre - 11		42.7				34.6	34.7	11.4	
Novembre - 11			40	77.3		30	33.7	32.2	

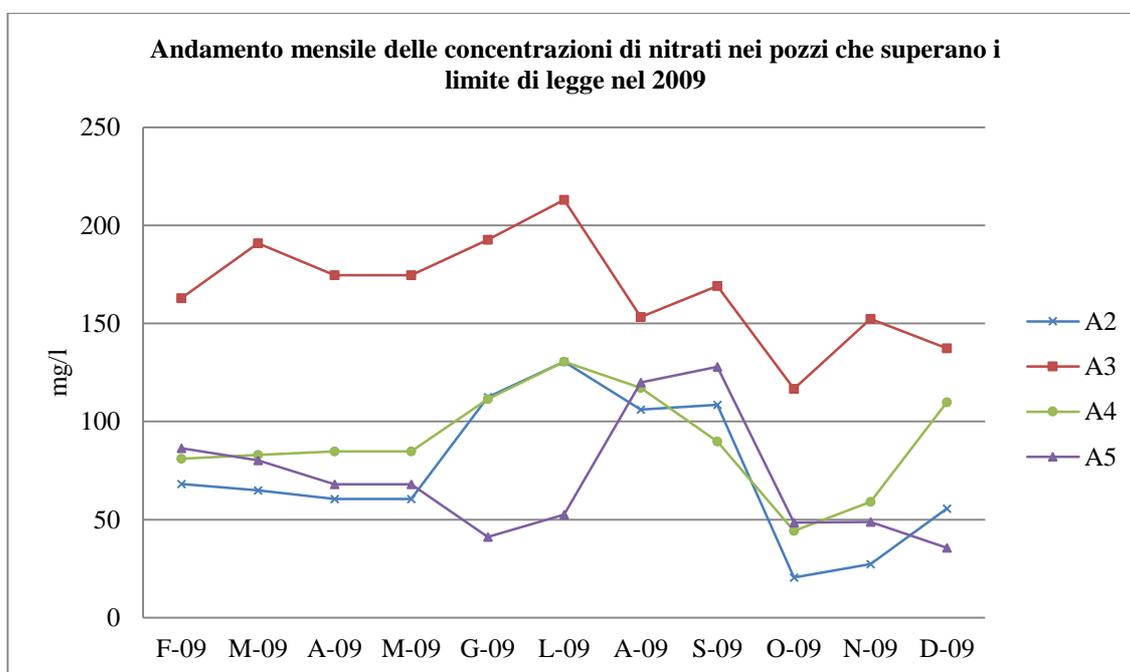


Figure 3.16 Andamento mensile delle concentrazioni di nitrati riscontrati nei pozzi della rete unict nel 2009 che superano i limite di legge

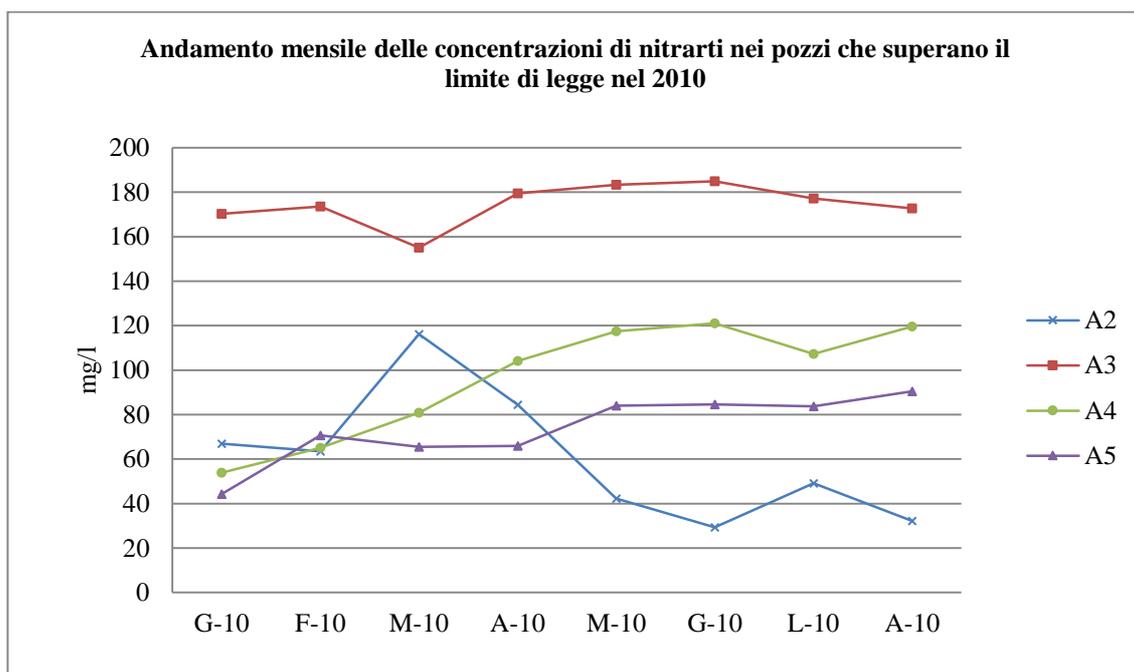


Figure 3.17 Andamento mensile delle concentrazioni di nitrati riscontrati nei pozzi della rete unificata nel 2009 che superano i limiti di legge

Dai dati conseguiti, si riscontra che la concentrazione di nitrati al di sopra dei limiti di legge è evidente nei pozzi A2, A3, A4, A5, A9 e pozzo Manenti. I pozzi destinati all'approvvigionamento della rete idrica comunale mediamente presentano valori di nitrati al di sotto del limite di legge, tuttavia si osserva per l'anno 2010 che la sorgente Salto di Lepre registra valori prossimi al limite di 50 mg/l. Di seguito vengono riportati i valori medi del triennio 2009-2011.

Tabella 3.15 Valori medi di nitrati riscontrati nei pozzi per uso irriguo e uso potabile durante il triennio

		Nitrati									
		ANNO 2009			ANNO 2010			ANNO 2011			
		MEDI A (mg/l)	Conforme SQA	Non conforme SQA	MEDI A (mg/l)	Conforme SQA	Non conforme SQA	MEDI A (mg/l)	Conforme SQA	Non conforme SQA	
POZZI UNICT	PER USO IRRIGUO	A1	11.9	x		13.2	x				
		A2	74.1		x	60.5		x	98.3		x
		A3	167.0		x	174.5		x			
		A4	90.5		x	96.2		x			
		A5	70.6		x	73.6		x			
		A6	37.13	x		42.52	x				
		A8							<1	x	
		A9							201.4		x
		RETE ARPA	PER USO POTABILE	Carnemolla	0.5	x		3.3	x		40.0
S. Polla	38.4			x		53.6		x	39.5	x	
Cannata	18.3			x		19.3	x				
Dammuso	39.6			x		37.6	x		42.2	x	
Manenti						103.0		x			
Petraro	21.9			x		18.8	x				
S. Mariotta	28.2			x		36.2	x		1.0	x	
S. Salto di Lepre						43.6	x		34.9	x	
S.Santa M. La Nova	9.4	x		25.4	x		27.3	x			

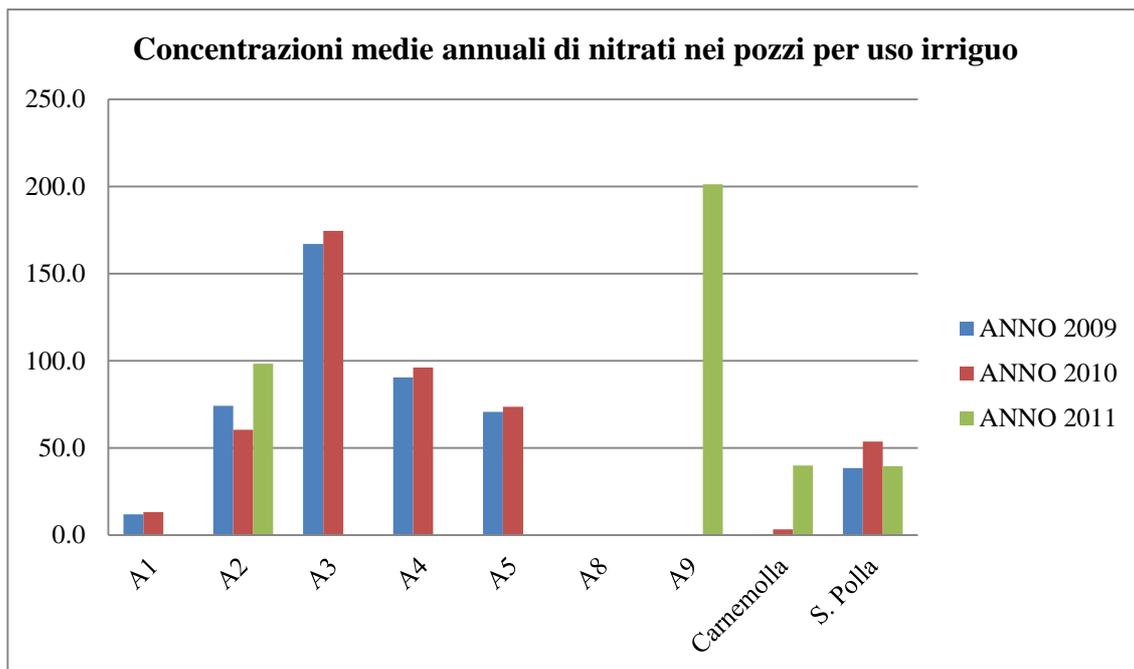


Figure 3.18 Valori medi delle concentrazioni di nitrati riscontrati nel triennio nei pozzi ad uso irriguo

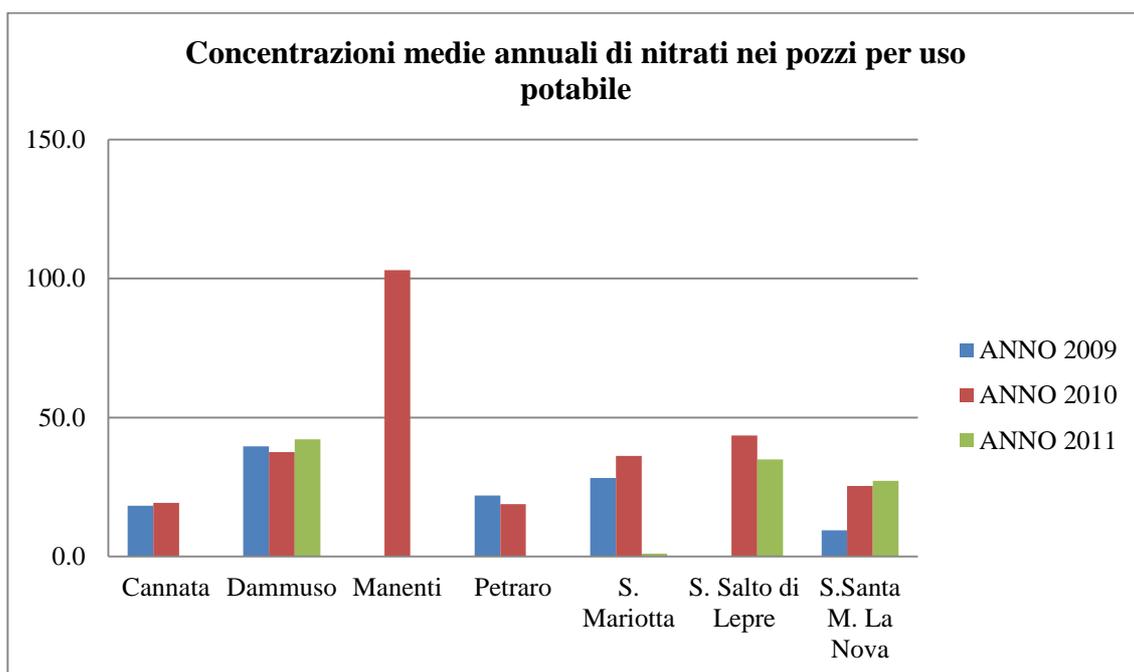


Figure 3.19 Valori medi delle concentrazioni di nitrati riscontrati nel triennio nei pozzi ad uso irriguo

Dai grafici riportati, si osserva che tra i pozzi per uso irriguo, le concentrazioni medie superiori al limite di legge si riscontrano nei pozzi A2, A3, A4, A5 e A9, con una tendenza che negli anni indica un progressivo incremento. Tra i pozzi per uso potabile, solamente il pozzo Manenti risulta inquinato da nitrati, registrando una concentrazione media superiore a 100 mg/l nell'anno 2010.

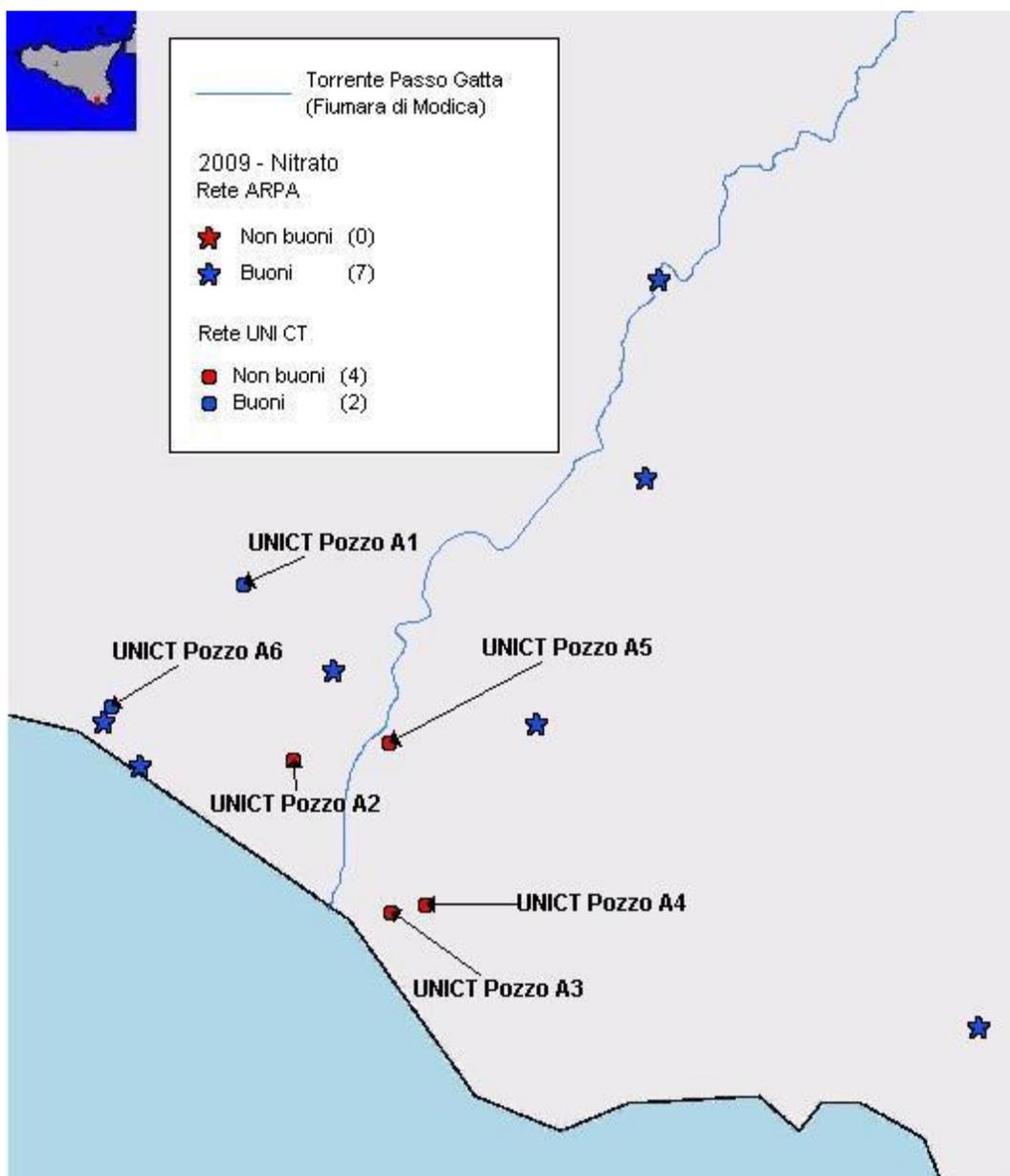


Figure 3.20 Classificazione dei pozzi in buoni e non buoni rispetto ai valori di nitrati riscontrati durante l'anno 2009

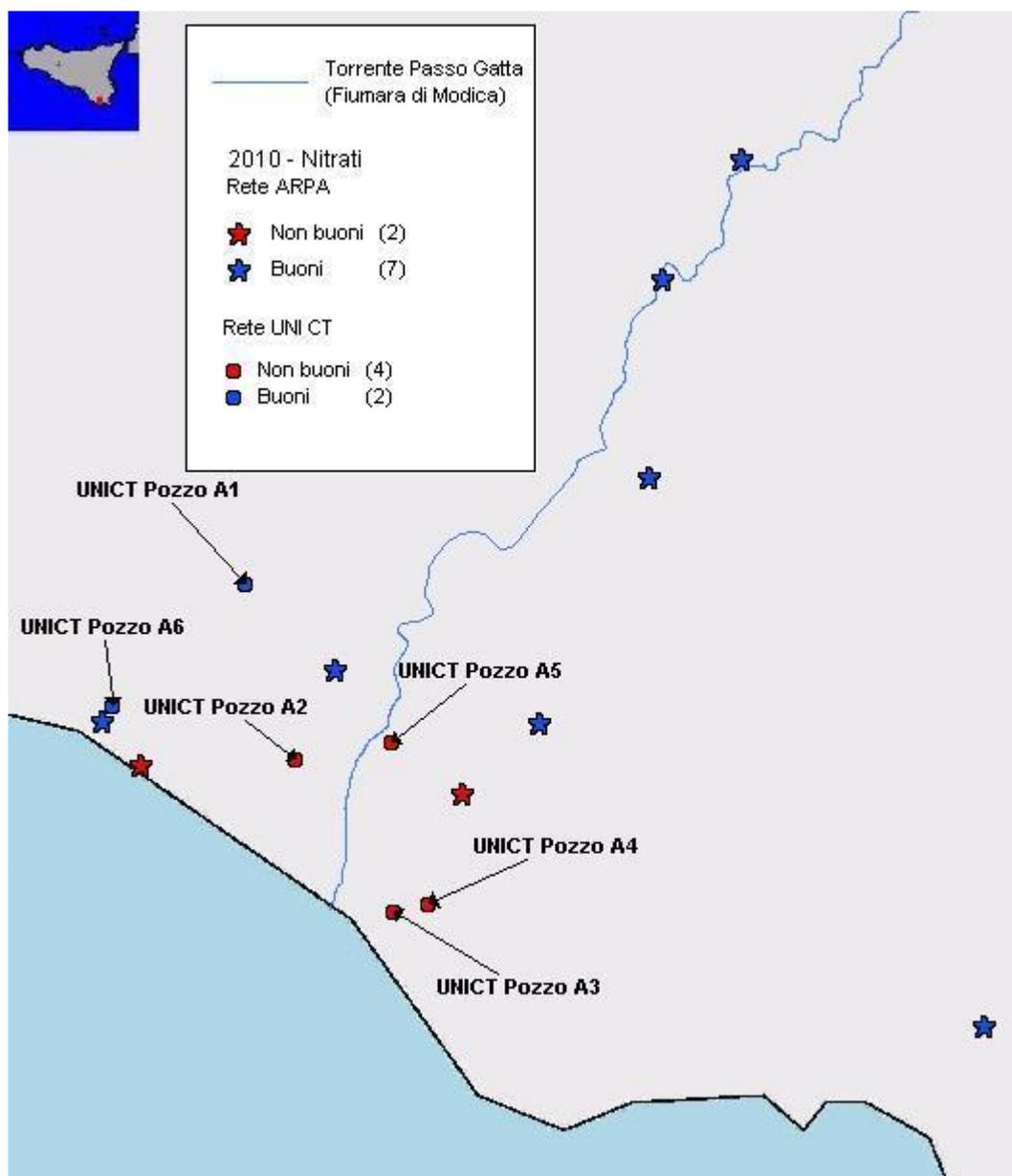


Figure 3.21 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di nitrati riscontrati durante l'anno 2010

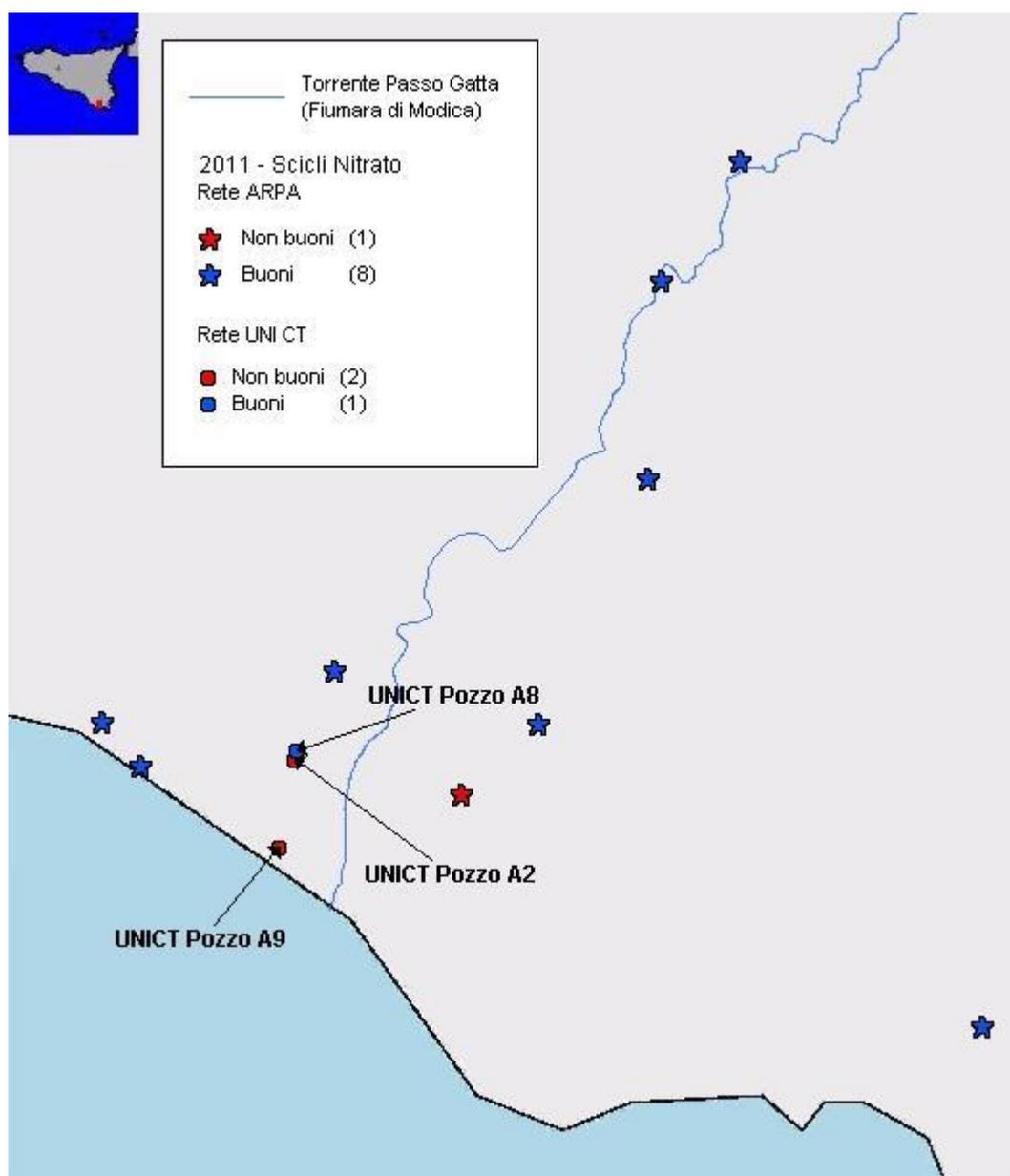


Figure 3.22 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di nitrati riscontrati durante l’anno 2011

Le analisi delle acque per la ricerca di pesticidi, sono state effettuate dall’Arpa Sicilia – Dipartimento di Ragusa. L’elevato numero di sostanze attive autorizzate nelle diverse colture e l’estrema variabilità delle caratteristiche chimico fisiche e del loro comportamento ambientale rendono complessa la ricerca di tali microinquinanti. Particolarmente oneroso è l’adeguamento dei protocolli analitici che la continua immissione sul mercato di nuove sostanze attive richiede, soprattutto nelle aree dedicate all’agricoltura intensiva dove è ampia la variabilità colturale. Proprio per rispondere alle esigenze di attualizzazione dei protocolli analitici, la ST di Ragusa di Arpa Sicilia, nel corso del biennio d’indagine ha ampliato la lista dei principi attivi ricercati che da 101 sono passati nel 2010 a 141.

Molte delle sostanze, facenti parte del nuovo protocollo analitico sono state riscontrate nelle acque dei pozzi oggetto del presente studio. Lo standard di qualità individuato a livello comunitario per i pesticidi è pari a 0,1 µg/L come sostanza singola e 0,5 µg/L come sommatoria di più sostanze. Tale soglia è stata definita dalla Direttiva 2006/118/CE, poi recepita dal D.L.vo 30/2009, come norma di qualità ai fini della valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee. Nelle figure 3.23-3.25 vengono riportati per il triennio i punti della rete Unict e Arpa Sicilia suddivise nelle Classi Buono e Non Buono sulla base dei valori della sommatoria di pesticidi.

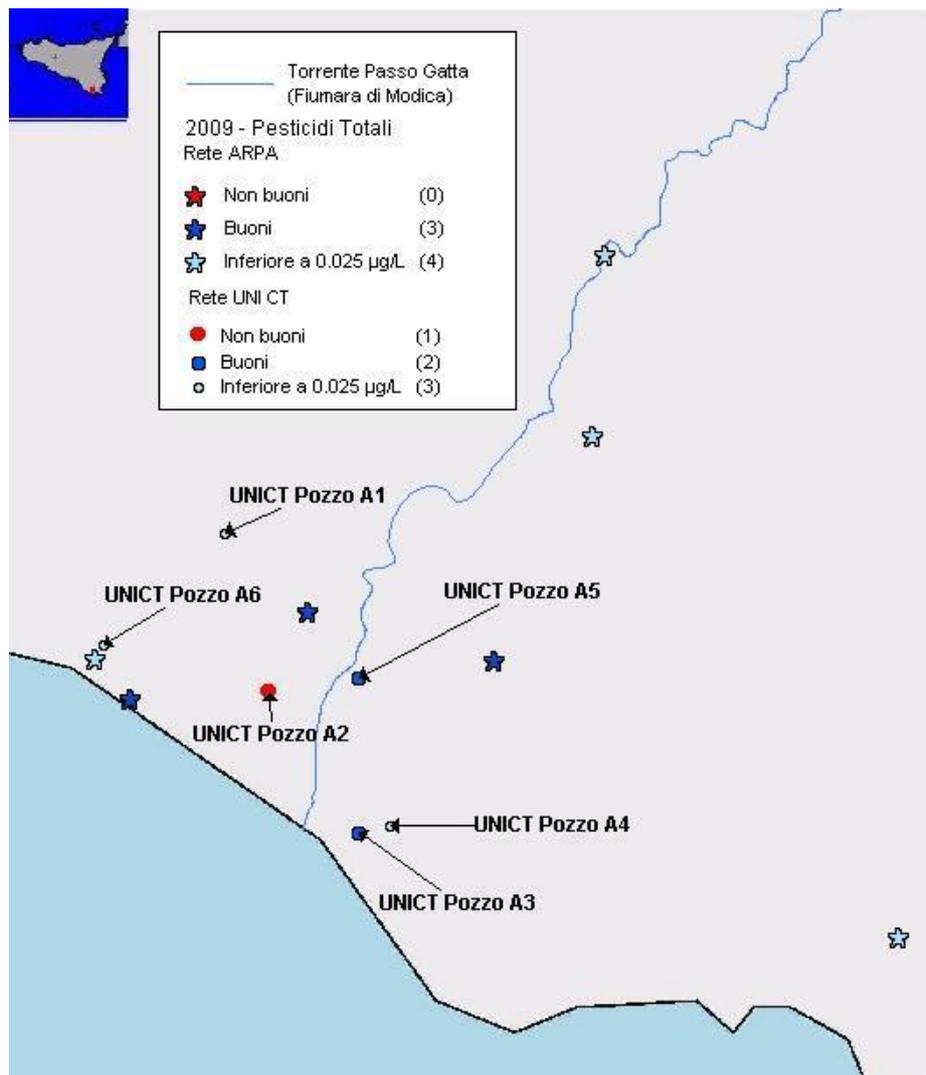


Figure 3.23 Classificazione dei pozzi in buoni e non buoni rispetto ai valori di pesticidi riscontrati durante l'anno 2009

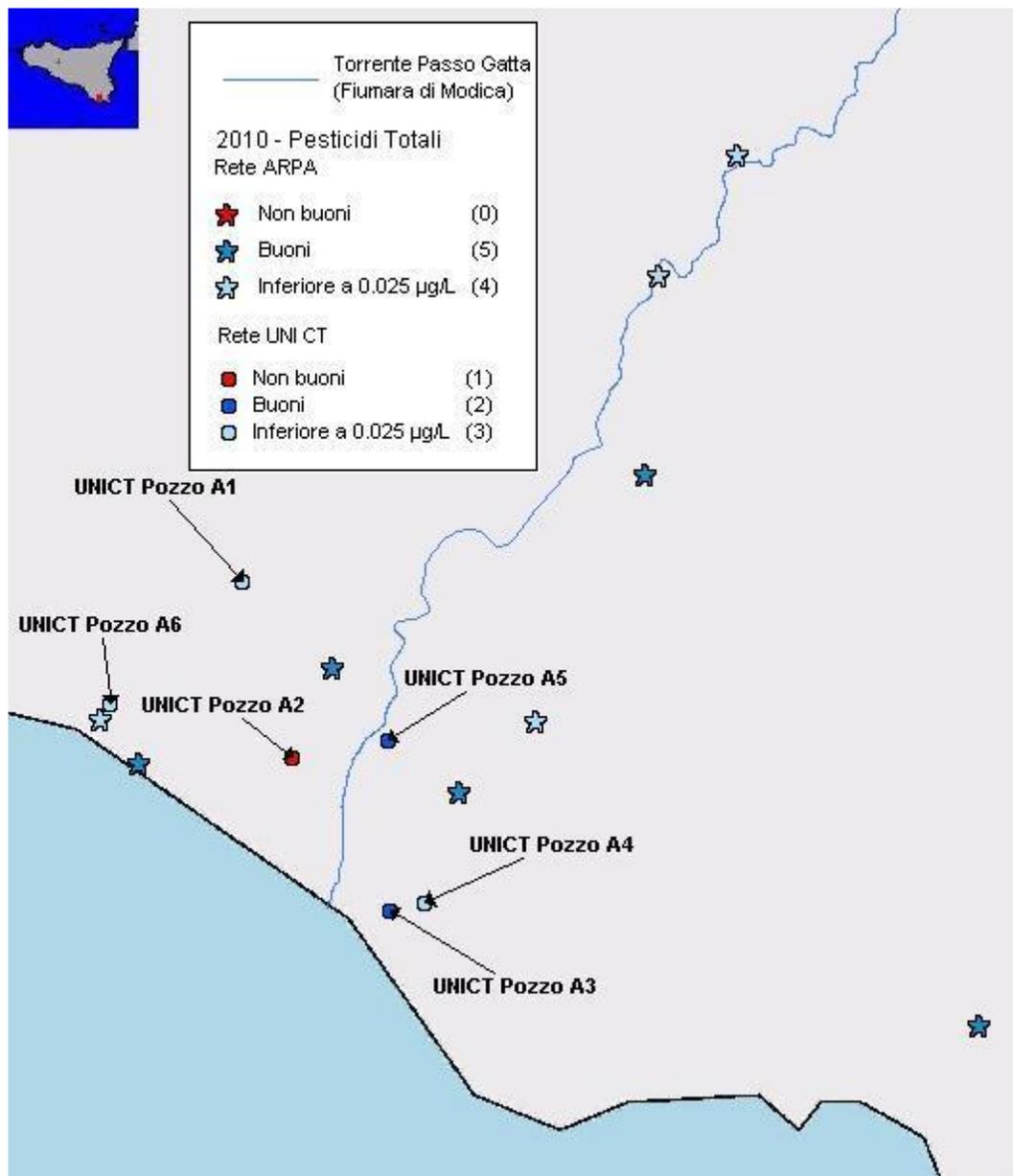


Figure 3.24 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di pesticidi riscontrati durante l'anno 2010

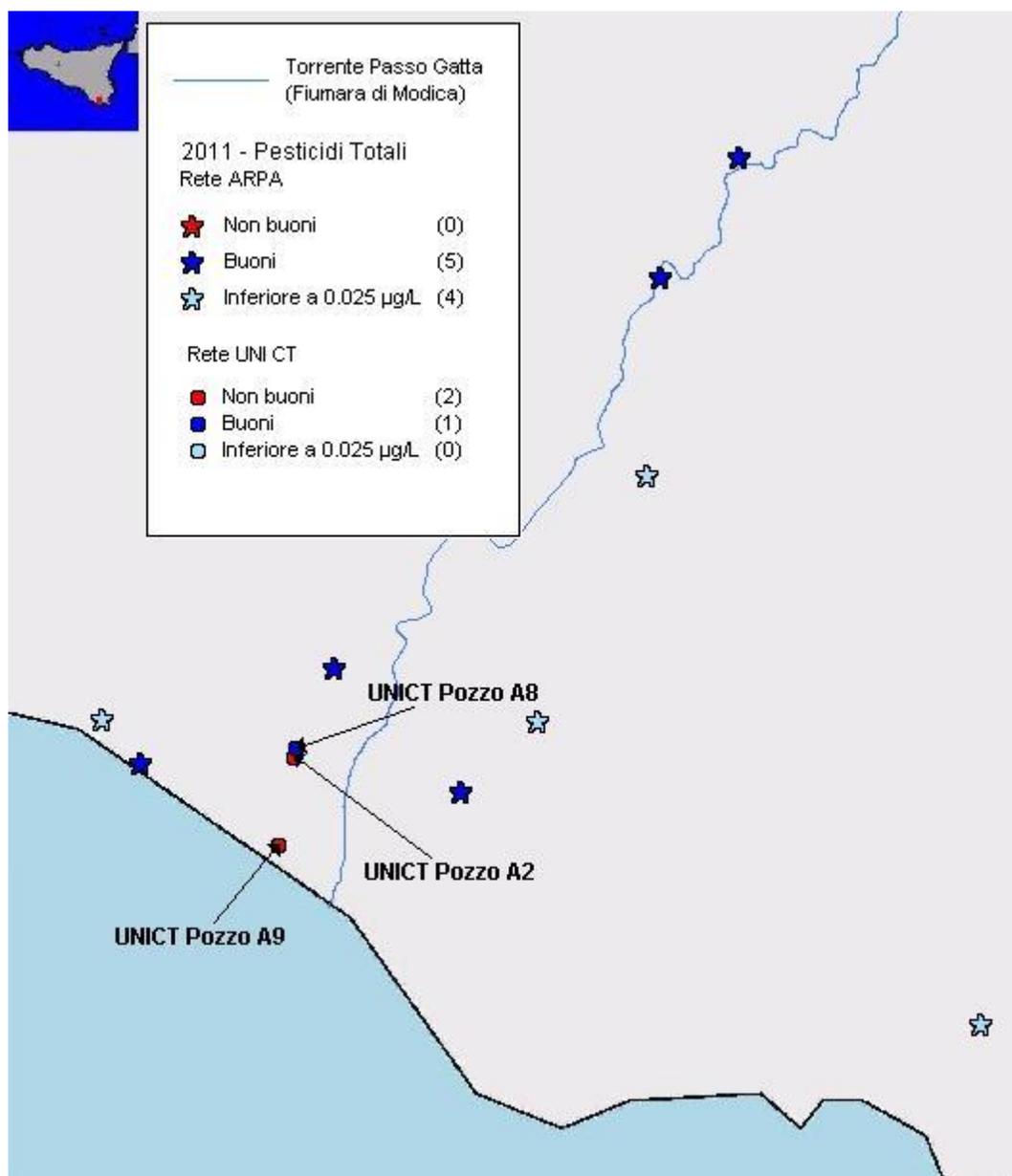


Figure 3.25 Classificazione dei pozzi in “buoni” e “non buoni” rispetto ai valori di pesticidi riscontrati durante l'anno 2011

Nei punti della rete di monitoraggio Arpa Sicilia, nel triennio, non si riscontrano superamenti dello standard di qualità ambientale dovuti a fitofarmaci, sebbene in alcuni campionamenti è rilevata la presenza di pesticidi in concentrazioni superiori ai limiti di quantificazione. Nella tabella 3.16 è riportata per ciascun campionamento la sommatoria delle concentrazioni dei pesticidi riscontrati.

Tabella 3.16 Concentrazione dei pesticidi riscontrati nei pozzi della rete Unict

	Pesticidi totali µg/l																							
	Anno 2009						Anno 2010									Anno 2011								
	S-09	O-09	N-09	D-09	G-10	F-10	M-10	A-10	M-10	G-10	L-10	A-10	S-10	O-10	N-10	F-11	M-11	A-11	G-11	L-11	S-11	O-11	N-11	D-11
A1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01									
A2	2,48	3,52	0,25	6,37	34,31	30,96	0,01	17,15	0,01	47,63	11,78	32,95	20,73	4,845	17,44	26,14	68,27	34,66	27,73	38,6	0,4	12,9	16,66	15,66
A3	0,01	0,81	0,01	0,06	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,16	1,52	0,25	0,12									
A4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01									
A5	0,01	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01	0,42	0,01	0,05	0,01	0,01	0,05	0,1									
A6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01		0,03	0,05										
A8																0,2	0,26	0,05	0,55	0,25	0,38	0,73	0,12	0,21
A9																2,11	1,56		0,55	0,9	0,23	0,71	0,16	1,91

Il monitoraggio effettuato nel 2009 ha evidenziato concentrazioni totali di fitofarmaci nel pozzo A2, nella maggior parte dei campionamenti, superiori allo standard di qualità ambientale. Inoltre le acque captate da questo pozzo hanno sempre presentato un'ampia varietà di principi attivi (Licciardello et al., 2010). Tale evidenza ha portato a proseguire, nel biennio 2010-2011, il monitoraggio solo sul pozzo A2. Contemporaneamente, nello stesso periodo, sono state analizzate le acque dei pozzi A8 e A9, individuati rispettivamente a monte ed a valle del pozzo A2 per lo studio delle dinamiche di propagazione dell'inquinamento.

Nel triennio 2009-11, nel pozzo A2, per l'80% dei prelievi sono state riscontrate concentrazioni totali di pesticidi ampiamente superiori allo standard di qualità ambientale (sommatoria di pesticidi uguale a 0.5 µg/l). Il pozzo A9 ha presentato tenori di pesticidi totali inferiori a quelli del pozzo A2, ma comunque, nella maggior parte dei prelievi effettuati, valori più alti dello standard di qualità ambientale. Pertanto per entrambi i pozzi è stato definito uno stato chimico "non buono". Nel pozzo A8, sono stati rilevati residui di pesticidi, ma solo in due campionamenti lo standard di qualità ambientale è stato di poco superato.

I dati raccolti, permettono di elaborare le seguenti osservazioni:

- Le acque del pozzo A2 sono quelle in cui nel triennio viene riscontrata la maggiore varietà di pesticidi. Alcune di tali sostanze, con minore frequenza ed a livelli di concentrazioni più bassi, si rilevano anche nel pozzo A9 ed A8. Si tratta prevalentemente di fungicidi ed insetticidi, di cui, nella maggior parte dei casi, le aziende non dichiarano di fare uso.
- Di molte delle sostanze riscontrate è vietata la commercializzazione e l'utilizzo da molti anni, come ad esempio il pyrazofos dal 2001, il furalaxil e l'oxadixil dal 2003, il paration etile e il paration metile dal 2004, il demeton S-methylsulfone, il diazinone e il procimidone dal 2007, il cadusafos dal 2008 e il methomyl dal 2009.

I dati indicano, inoltre, la sostanziale persistenza dell'acquifero da cui attinge il pozzo A2, per tutto il triennio della maggior parte dei principi attivi ritrovati, in particolare vengono riscontrati con una frequenza maggiore del 70% le sostanze attive: azossistrobina, cadusafos, furalaxil, iprodione, pirimetanil e procimidone.

- Nel pozzo A9, le frequenze di rilevazione delle varie sostanze attive sono molto più basse rispetto a quelle del pozzo A2, solo l'oxadixil viene riscontrato con frequenza superiore al 60%.

- Nel pozzo A8 la contaminazione da pesticidi è sporadica e comunque non supera gli standard di qualità ambientale per singolo pesticida.

Sulla base dei dati ottenuti per ciascun punto della rete di monitoraggio sia della rete Unict che della rete Arpa si è proceduto alla valutazione dello stato chimico delle acque nel triennio considerato.

Tabella 3.17 Classificazione dei punti di monitoraggio in buoni e non buoni

	2009		2010		2011	
	Buoni	Non buoni	Buoni	Non buoni	Buoni	Non buoni
Rete Unict	2	4	2	4	0	3
Rete Arpa	6	1	5	4	6	3

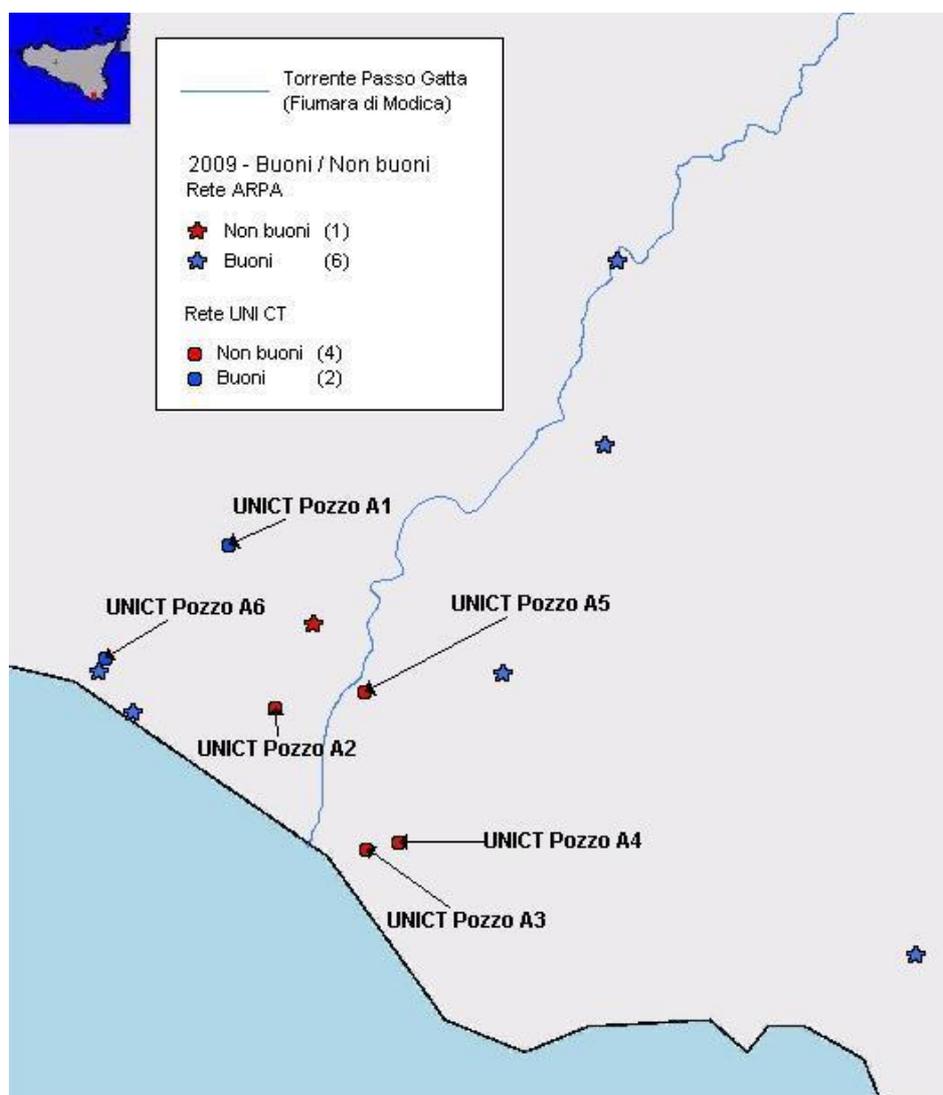


Figure 3.26 Classificazione dei punti della rete Unict e della rete Arpa in buoni e non buoni nel 2009

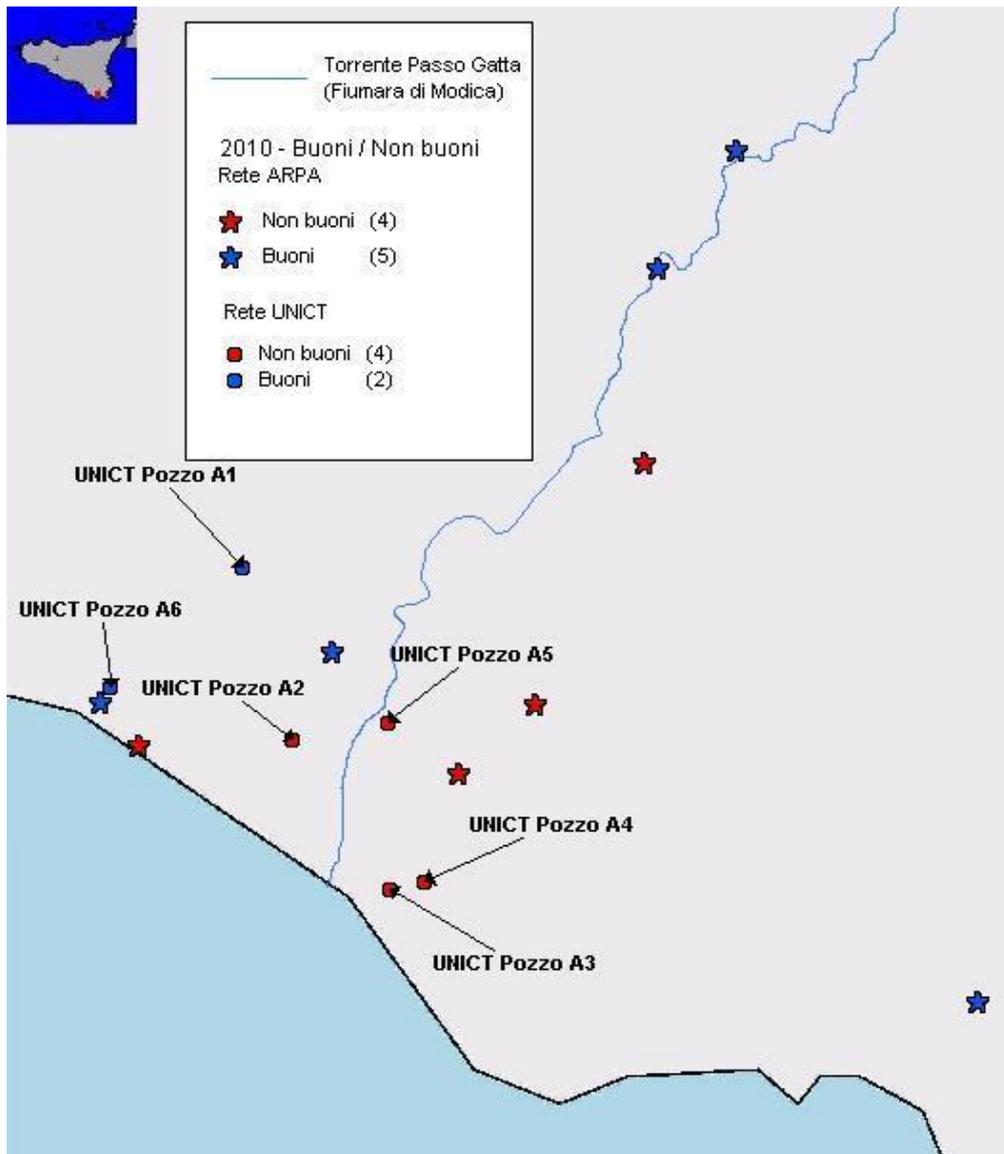


Figure 3.27 Classificazione dei pozzi della rete Unict e della rete Arpa in “buoni” e “non buoni” nel 2010

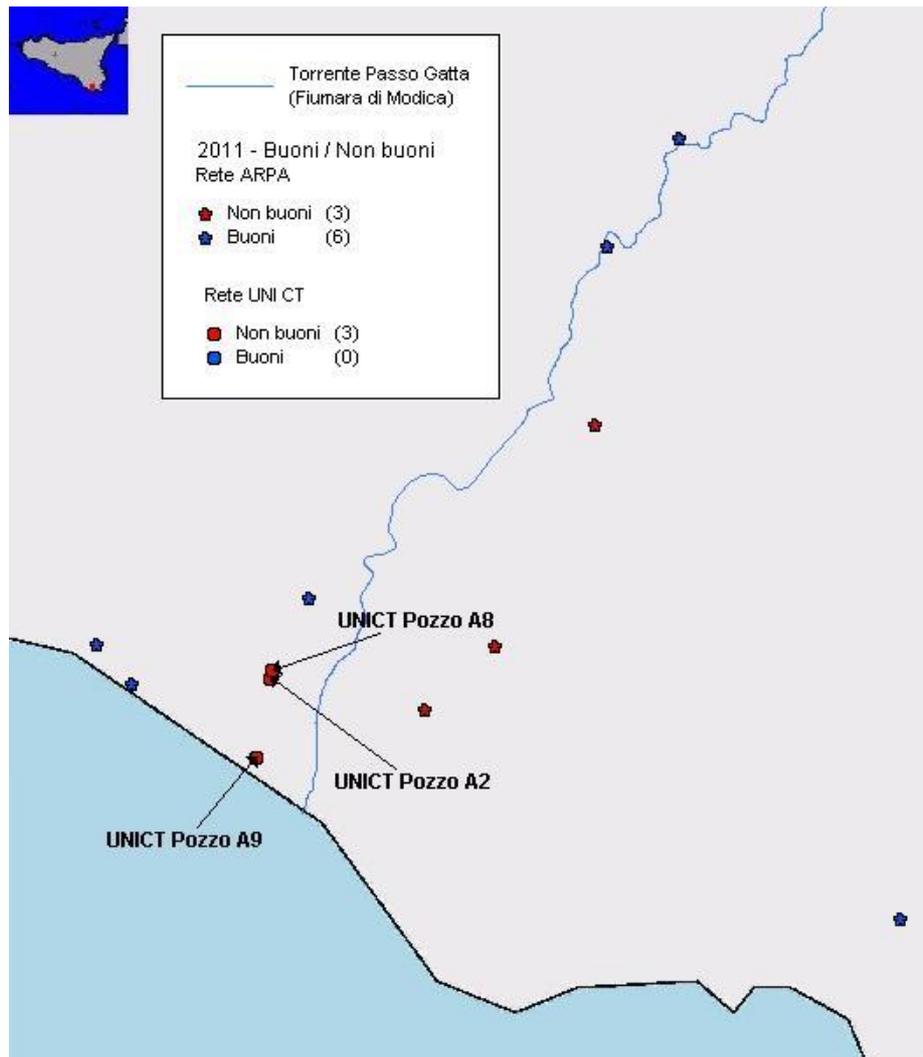


Figure 3.28 Classificazione dei pozzi della rete Unict e della rete Arpa in “buoni” e “non buoni” nel 2011

3.3.2 Attività svolte nell’ambito del progetto MORISO (Programma Italia- Malta 2007-13)

Le ulteriori indagini condotte nel 2011-2013 dal CSEI Catania e dall'Università di Catania in collaborazione con ARPA Sicilia- DAP di Ragusa nell'ambito del progetto “MONitoraggio delle Risorse Idriche SOTterranee ed interventi per il controllo dell'intrusione marina e per la riduzione dell'inquinamento da attività agricole – MORISO – P.O. Italia-Malta 2007-2013” hanno evidenziato le forti pressioni presenti nei bacini di Scicli e nei bacini minori fra Irminio e Scicli e in particolare sul torrente Modica-Scicli per il quale, non essendo stato considerato un corpo idrico significativo, non era disponibile lo stato ambientale.

Nell’ambito del progetto MORISO (si rimanda al Capitolo 4, paragrafo 4.1, per maggiori informazioni sulla rete di monitoraggio), le indagini sono state concentrate nei bacini di Scicli e nei

bacini minori tra Irminio e Scicli (in particolare nella zona di Donnalucata) fortemente esposti all'inquinamento dovuto agli scarichi puntuali provenienti dagli impianti di depurazione di acque reflue del comune di Scicli e del comune di Modica. In particolare, al fine di individuare le fonti di inquinamento che interessano soprattutto la falda intercettata dal pozzo A2 sono state condotte nell'ambito del progetto MORISO le seguenti attività:

1. analisi dei dati registrati dalle sonde multiparametriche installate ad ottobre 2012 nei quattro sondaggi ambientali realizzati nell'ambito del progetto nella zona di Donnalucata e denominati A10, A11, A12 e A13;
2. analisi dei parametri chimico-fisici su campioni prelevati dal CSEI Catania e dall'Università di Catania nell'ambito del progetto MORISO e analizzati da ARPA DAP Ragusa nei sondaggi ambientali A10, A11, A12 e A13 nel 2013 nonché in altri 7 siti resi disponibili da ARPA-DAP Ragusa nel 2012;
3. analisi di dati di qualità delle risorse idriche sotterranee disponibili nel territorio ibleo relativi al periodo 2011-2013 relativi a:
 - 8 pozzi in cui sono installate sonde multiparametriche gestite dalla Libero Consorzio Comunale di Ragusa da febbraio 2008 ad oggi;
 - campioni prelevati manualmente, analizzati in laboratorio e resi disponibili da ARPA Sicilia – DAP Ragusa in circa 30 siti dal 2008 al 2011 (ARPA - DAP Ragusa, 2013).

L'analisi dei dati relativi ai sondaggi realizzati nell'ambito del progetto MORISO (www.moriso.it) e l'analisi dei restanti dati, resi disponibili, è descritta di seguito.

Nelle Figure da 3.29 a 3.32, per sondaggi ambientali (A10, A11, A12, A13) realizzati e gestiti dalla Regione Sicilia, sono riportati gli andamenti mensili dalla falda superficiale (metri, dal piano campagna), e della conducibilità elettrica (mS/cm) rilevate dalle sonde multiparametriche, insieme alle altezze di precipitazioni mensili registrate dalla stazione di Scicli durante il periodo Ottobre 2012 (installazione) – Ottobre 2013.

Nella tabella 3.18 sono riportati i dati chimico-fisico dei principali macrodescrittori forniti dall'ARPA – DAP Ragusa. Prendendo come riferimento le concentrazioni limite oltre le quali una sostanza può divenire dannosa per le colture pubblicati da Landi e Barroncelli (2000) abbiamo che il pH risulta accettabile (all'interno dell'intervallo 6-8) in tutti i sondaggi; la conducibilità elettrica risulta dannosa per le colture in serra (≥ 0.75 mS/cm) e accettabile (< 1.50 mS/cm) per le colture in pieno campo in

tutti i sondaggi; la concentrazione di cloruri risulta dannosa per le colture in serra (≥ 50 mg/L) e accettabile (< 200 mg/L) per le colture in pieno campo in tutti i sondaggi.

Tabella 3.18 Principali parametri chimico-fisici disponibili per i sondaggi realizzati nell'ambito del progetto MORISO

Data prelievo	Sito	pH [Unità pH]	Conducibilità a 20 [μ S/cm]	Durezza [°F]	Cloruri [mg/L]	Solfati (SO ₄ ²⁻) [mg/L]	Fluoruri [mg/L]	Calcio [mg/L]	Magnesio [mg/L]	Sodio [mg/L]	Potassio [mg/L]	Ammonio (NH ₄ ⁺) [mg/L]	Nitrito (NO ₂ ⁻) [mg/L]	Nitrato (NO ₃ ⁻) [mg/L]	Residuo secco a [mg/L]	Alcalinità (HCO ₃ ⁻) [mg/L]
11/3/2013	A2	7,17	973	42,4	78,9	108,2	0,24	146	14,64	59,5	5,8	<0,01	0,08	80,8	720	348
	A10	7,37	1273	36	159	216	1,03	91,5	32,2	136	11,8	7,3	0,07	81,8	945	224
	A11	7,34	916	39,1	88,8	59,3	0,27	126	18,8	51,6	5,6	<0,01	0,07	36,8	677	373
	A12	7,25	1350	50,3	134	172	0,45	168	20,4	118	3,5	0,01	<0,013	148	1003	370
8/4/2013	A13	7,34	1231	37,4	137	184	0,69	108	25,5	132	10,7	0,016	0,2	57,3	913	336
	A2	7,03	1024	45,1	83,2	121	0,2	154	16,2	65,4	6,4	0,11	<0,013	91,6	768	371
	A10	7,14	1135	37,1	102	200	0,9	99,3	30,4	110	14,4	0,11	0,02	116	841	241
	A11	7,1	930	35,2	92,3	64,6	0,23	128	19,8	55,8	5,6	0,09	<0,013	38	687	390
17/05/2013	A12	7,13	1267	44,3	105	180	0,44	149	17,4	122	3,8	0,12	0,05	167	940	346
	A13	7,24	1233	37,3	139	183	0,66	107	25,8	123	11,8	0,18	<0,013	48,6	915	343
	A2	6,95	992	43,1	82,2	105	0,29	148	15,2	62,3	7,6	0,097	<0,01	76,1	734	368
	A10	7,09	1170	37,9	106	209	0,96	101	30,8	111	14	0,3739	0,2679	68,2	867	282
	A11	7,07	965	40,9	101	68,9	0,32	128	21,8	57,6	7,4	0,0538	0,0951	18,8	714	390
	A12	7,09	1218	41,6	79	198	0,52	140	15,2	124	4	0,0541	0,0476	129	903	343
	A13	7,22	1291	36,6	158	196	0,72	104	26	148	14	0,1955	0,0483	26,6	883	348

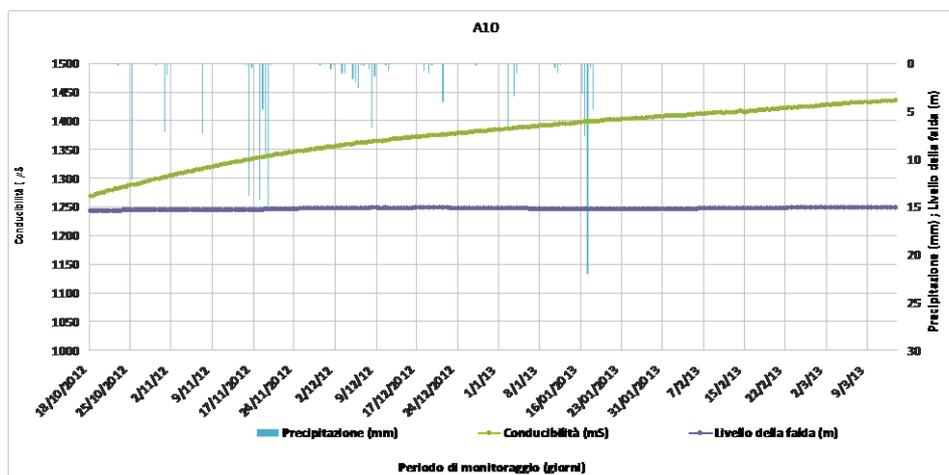


Figura 3.29 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sondaggio A10 e delle precipitazioni registrate dalla stazione di Scicli (2012-2013)

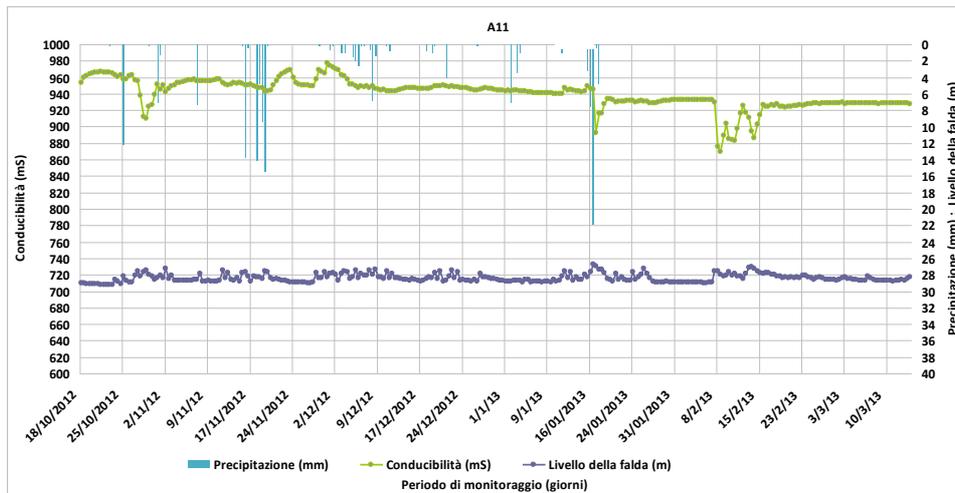


Figura 3.30 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sondaggio A11 e delle precipitazioni registrate dalla stazione di Scicli (2012-2013)

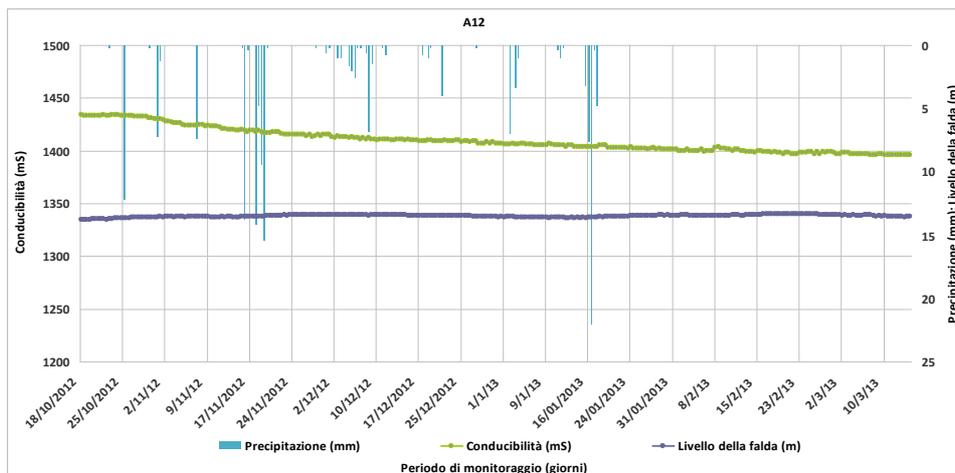


Figura 3.31 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sondaggio A12 e delle precipitazioni registrate dalla stazione di Scicli (2012-13)

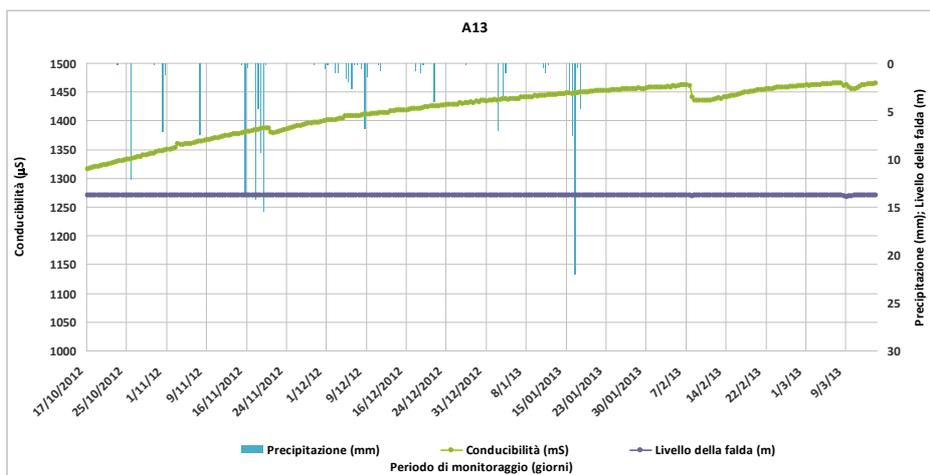


Figura 3.32 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sondaggi A13 e delle precipitazioni registrate dalla stazione di Scicli (2012-13)

La concentrazione di solfati risulta dannosa per le colture in serra (≥ 50 mg/L) e accettabile (< 300 mg/L) per le colture in pieno campo in tutti i sondaggi; la concentrazione di calcio risulta dannosa per le colture in serra (≥ 150 mg/L) solo per un prelievo nel pozzo A12, comunque risulta vicino al limite per tutti i prelievi nel pozzo A2; la concentrazione di magnesio risulta accettabile (< 35 mg/L) in tutti i sondaggi; la concentrazione di sodio risulta dannosa per le colture in serra (≥ 50 mg/L) e accettabile (< 150 mg/L) per le colture in pieno campo in tutti i sondaggi. La differenza significativa per tutti i parametri tra il pozzo A2 e il sondaggio A10 fa ipotizzare che nonostante siano molto vicini e alla medesima profondità, il pozzo e il sondaggio intercettino falde diverse. Le concentrazioni di nitrati risultano superiori al limite fissato dal D.L. 30/2009 pari a 50 mg/L in tutti i sondaggi escluso A11 (tabella 2 della parte A dell'allegato 3).

3.3.3 Altri dati di monitoraggio delle acque sotterranee del territorio ibleo

Al fine di caratterizzare gli acquiferi sotterranei nel territorio ibleo sono stati inoltre raccolti e analizzati altri dati del monitoraggio svolto dalla ex Provincia Regionale di Ragusa (ora Libero Consorzio Comunale di Ragusa) e dall'ARPA Sicilia – DAP Ragusa per il periodo 2011-2013 e per l'anno 2014.

In particolare nella provincia di Ragusa è presente dal 2008 una rete di 8 pozzi (di proprietà del Libero Consorzio Comunale di Ragusa) attrezzati con sonde multiparametriche simili a quelle installate

durante il progetto MORISO con misure ogni 12 ore di temperatura, pH, conducibilità e livello freatico (dettagli sulle caratteristiche della rete si rimanda al Capitolo 4, paragrafo 4.1).

Per la caratterizzazione chimico fisica delle risorse sotterranee sono stati inoltre analizzati i dati forniti dall'ARPA DAP Ragusa da giugno 2012 a gennaio 2013 relativi a 6 pozzi localizzati nei bacini di Scicli e nei bacini minori tra Irmínio e Scicli (Tabella 3.19). Prendendo come riferimento le concentrazioni limite oltre le quali una sostanza può divenire dannosa per la coltura pubblicati da Landi e Barroncelli (2000) abbiamo che il pH risulta accettabile (all'interno dell'intervallo 6-8) in tutti i sondaggi; la conducibilità elettrica risulta dannosa per le colture in serra (≥ 0.75 mS/cm) nei siti A2, A8, A9, Pozzo Carnemolla, Sorgente Polla; inoltre risulta dannosa anche per le colture in pieno campo (> 1.50 mS/cm) nel pozzo A9; la concentrazione di cloruri risulta dannosa per le colture in serra (≥ 50 mg/L) nei siti A2, A8, A9, Pozzo Carnemolla, Sorgente Polla inoltre risulta dannosa anche per le colture in pieno campo (< 200 mg/L) nel pozzo A9; la concentrazione di solfati risulta dannosa per le colture in serra (≥ 50 mg/L) nei siti A2, A9 e Sorgente Polla per tutti i prelievi e per $\frac{3}{4}$ prelievi per il sito A8; la concentrazione di calcio e di magnesio risultano dannosa (o molto vicina al limite) per le colture in serra (≥ 150 mg/L e > 35 mg/L rispettivamente) per tutti i prelievi nel pozzo A9; la concentrazione di sodio risulta dannosa per le colture in serra (≥ 50 mg/L) nei siti A2, A8, A9, Pozzo Carnemolla, Sorgente Polla e accettabile (< 150 mg/L) per le colture in pieno campo in tutti i sondaggi.

Tabella 3.19 Principali parametri chimico-fisici analizzati da ARPA - DAP Ragusa in 6 siti localizzati nei bacini di Scicli e nei bacini minori tra Irminio e Scicli

Data prelievo	Sito	pH [Unità pH]	Conducibilità a 20 °C [µS/cm]	Durezza [°F]	Cloruri [mg/L]	Solfati (SO4--) [mg/L]	Fluoruri [mg/L]	Calcio [mg/L]	Magnesio [mg/L]	Sodio [mg/L]	Potassio [mg/L]	Ammonio (NH4+) [mg/L]	Nitrato (NO3-) [mg/L]	Nitrato (NO3-) [mg/L]
6/3/2012	A9	7.12	1660	66.5	267	200	0.28	205.1	37.2	143.2	11.1	0.03	<0.01	203
	A2	6.93	928	40.8	75.9	95.7	0.25	141.8	13.4	59.2	5.4	0.05	<0.01	80.8
	A8	7.25	920	34.7	116.1	56.5	0.6	81.6	35	88.1	6.1	0.02	<0.01	<1
8/3/2012	Sorgente Polla	7.8	934	35.3	113.7	57.5	0.24	123.4	11.6	70.4	15.2	0.03	0.02	37.2
	Pozzo Carnemolla	7.2	1020	40.2	83.6	202.8	0.26	156.4	15.2	70.2	1.6	0.1	0.25	19.4
21/03/2012	Sorgente Salto di Lepre	7.1	661	31	48.4	35.5	0.23	110.8	8.4	37.6	6.4	<0.01	<0.01	40.3
	Sorgente Mariotta	7.3	641	30.6	49	26.8	0.23	108.3	8.9	36	5.8	<0.01	<0.01	31.8
	Sorgente Santa Maria La Nova	7.15	638	30.8	49.2	34.2	0.18	109.4	8.7	36.8	6.1	<0.01	<0.01	35
24/05/2012	A9	7	1620	64.7	268	221	0.5	197.3	37.6	141.5	9.4	0.01	<0.01	216
	A2	6.85	984	41.7	80.5	96.9	0.35	143.5	14.5	60.3	7	0.08	<0.01	135
	A8	7.15	927	34.6	119.6	59.2	0.68	81	35	85.5	5.9	0.09	<0.01	<1
	Pozzo Carnemolla	7.3	1018	30.7	131	46	0.79	64.1	35.8	126	8.4	0.43	<0.01	1.4
27/06/2012	Sorgente Polla	7.25	834	24.3	82.3	59.4	0.37	116.9	12.1	57.1	7.5	<0.01	<0.01	35.4
	Sorgente Santa Maria La Nova	7.43	678	29.9	47.7	24.8	0.32	105.5	8.8	34.4	5.9	<0.01	<0.01	34.1
	Sorgente Mariotta	7.39	671	28.9	47.3	25.8	0.3	104.7	6.9	33.8	5.7	<0.01	<0.01	32.9
	Sorgente Salto di Lepre	7.29	686	30.05	47.1	27.8	0.29	106.8	8.4	33.2	6.5	<0.01	<0.01	37.5
3/8/2012	Pozzo Carnemolla	7.6	1070	29.6	140.6	35.4	2	54.2	39.1	139.9	9.6	0.42	<0.01	1.4
	Sorgente Polla	7.46	852	34.5	84.4	84.8	0.4	117.9	12.4	58.4	7.4	0.018	0.017	36.8
6/8/2012	A2	7.1	1015	45.2	87.6	109.6	0.36	156.4	15.1	66.2	4.9	0.01	<0.01	80.3
	A8	7.4	961	32.2	125.3	64.1	0.66	72.1	34.6	87.3	6.2	0.12	0.02	<1
12/10/2012	Sorgente Santa Maria La Nova	7.27	664	29.4	48.5	21.5	0.06	103.9	8.4	34	5.6	<0.01	<0.01	32.4
	Sorgente Salto di Lepre	7.2	672	29.7	46.9	22.3	0.24	105.7	8.1	32.8	5.8	<0.01	<0.01	34.3
	Sorgente Polla	7.23	907	31.6	98.6	58.4	0.3	105	13.1	6.2	62.2	0.07	0.01	42.6
7/1/2013	Pozzo Carnemolla	7.37	959	25.6	114	29.4	1.1	49.7	32.1	99.3	6.3	0.63	<0.01	0.9
	A9	7.18	1580	61.7	252	204	0.37	190	34.8	135	10.1	0.04	<0.01	216
	A8	7.3	925	37.6	122	47.4	0.65	92.1	35.6	85.2	6.9	0.13	<0.01	1.3
	A2	7	868	40.5	75.4	88.6	0.32	140	13.6	56.6	62	0.12	<0.01	66.8

Inoltre in 30 siti sono disponibili dati di nitrati e pesticidi nel triennio 2008-2011 (ARPA, 2013) (Tabella 3.20). La concentrazione di nitrati è > 50 mg/L per il 2010 nel sito sorgente Polla e per gli anni 2009-2011 nei siti A2, A3, A4 e A5; la concentrazione di nitrati riscontrata ha confermato sulla risorsa idrica derivante dalle attività agricole che insistono nell'area oggetto di studio.

La contaminazione da pesticidi interessa la maggior parte dei siti investigati anche se si riscontrano livelli di concentrazione e principi attivi differenti nei diversi punti di prelievo (dati non pubblicati, ARPA, 2013). Nel sito A2 in particolare si riscontra una concentrazione di pesticidi totali > 0.5 µg/L (limite fissato dal D.L. 30/2009) e inoltre la tipologia di principi attivi, le specifiche concentrazioni e la sostanziale persistenza temporale degli stessi nella falda rappresenta una particolarità che non trova riscontro negli altri punti di prelievo. L'elevata contaminazione delle acque del pozzo A2 è probabilmente riconducibile alle condizioni morfologiche del terreno e dell'acquifero sottostante che consentono una significativa e continua veicolazione degli inquinanti dal suolo verso le acque sotterranee.

Tabella 3.20 Correlazione Nitrati – Pesticidi analizzati da ARPA DAP Ragusa in 30 siti localizzati nei bacini di Scicli e nei bacini minori tra Irminio e Scicli

Siti di monitoraggio ARPA 2008-2011	metri_NORD	metri_EST	Nitrati (mg/L NO ₃)				Pesticidi totali (mg/L)			
			2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Sorgente Berlinga	4103969	2503252	6.00	4.20	1.70	2.20	0.03	0.01	0.01	0.03
Sorgente Cafeo	4080109	2495745	15.50	14.50	14.90	14.33	0.03	0.03	0.01	0.04
Sorgente Cava di Volpe	4092246	2497121		6.10	4.50	9.10		0.01	0.01	0.07
Sorgente Donna Marina	4101760	2501520		19.40	19.50	19.50		0.01	0.01	0.01
Sorgente Fontana Grande	4088144	2493108		36.30	33.50	33.72		0.01	0.06	0.02
Sorgente Marchesa	4106067	2502275	18.30	16.90	17.75	15.68	0.03	0.01	0.01	0.03
Sorgente Mariotta	4074752	2494717		28.20	36.15	33.98		0.01	0.01	0.06
Sorgente Medica	4075968	2506139	33.00	30.90	31.10	28.30	0.03	0.01	0.01	0.05
Sorgente Misericordia	4089900	2495197	20.77	25.73	31.62	23.90	0.03	0.01	0.01	0.01
Sorgente Montagna	4105299	2501560	14.60	16.65	16.05	13.13	0.03	0.01	0.01	0.01
Sorgente Presti	4101863	2501453	20.60	24.60	21.00	20.58	0.03	0.01	0.01	0.01
Sorgente Salto di Lepre	4076345	2495751			43.55	34.93			0.01	0.04
Sorgente San Leonardo	4087183	2496243		17.00	14.50	15.73		0.01	0.01	0.03
Sorgente San Pancrazio	4080358	2499169	24.40	23.70	22.50	24.60	0.03	0.01	0.01	0.06
Sorgente Santa Maria La Nova	4072140	2494532	11.50	9.40	25.40	27.25	0.03	0.01	0.03	0.01
Sorgente Scifazzo	4103969	2503252		2.10	1.00	1.73		0.01	0.01	0.02
Pozzo Carnemolla	4069600	2490413		0.5	3.3	40				
Sorgente Polla	4068351	2487857		38.4	53.6	39.5				
Pozzo Cannata	4068894	2493094		18.3	19.3					
Pozzo Dammuso	4068925	2487363		39.6	37.6	42.2				
Pozzo Manenti	4067965	2492064			103					
Pozzo Petrarò	4064895	2498913		21.9	18.8					
A1	4070564	2489121		11.9	13.2			0.01	0.01	
A2	4068397	2489836		74.10	60.50	98.42				68.49
A3	4066215	2491062		167	174.5			0.22	0.20	
A4	4066466	2491578		90.5	96.2			0.01	0.01	
A5	4068459	2491045		70.6	73.6			0.03	0.07	
A8	4068555	2489896				1.00				0.38
A9	4067228	2489637				201.38				0.96
LIMITI DL n.30 2009			50				0.5			

La caratterizzazione dei corpi idrici ricadenti nella provincia di Ragusa condotta nell'ambito del progetto MORISO, ha confermato il gravissimo depauperamento qualitativo e quantitativo delle risorse idriche sotterranee evidenziato già in indagini condotte in precedenza. In particolare l'attività di monitoraggio condotta nella zona di Donnalucata, localizzata tra i bacini di Scicli e nei bacini minori tra Irminio e Scicli, ha confermato che le attività agricole di tipo intensivo hanno seriamente compromesso la disponibilità di risorse idriche superficiali e sotterranee in termini qualitativi e quantitativi e che in particolare le falde sotterranee in prossimità delle coste marine risultano quelle più compromesse. Infatti, il loro sovra-sfruttamento provoca un insalinamento dovuto all'intrusione di acqua di mare e nonostante i valori medi di C.E. riscontrati non superano i valori soglia previsti dalla normativa vigente (2500 mS/cm a 20 °C, D.Lgs 30/2009 tabella 3 parte A dell'allegato 3), le concentrazioni superano in molti casi i limiti relativi alla dannosità per l'irrigazione di colture in serra o in pieno campo. Tale situazione trova rispondenza anche nella concentrazione dei cloruri. Anche i limiti di dannosità per l'irrigazione delle colture in serra relativi a solfati, calcio e sodio sono spesso superati.

E' inoltre evidente che l'utilizzo di fertilizzanti e pesticidi, provoca una contaminazione della falda indagata che è poco profonda e non protetta. In particolare i limiti fissati dal D.L. 30/2009 per i nitrati vengono superati nel pozzo A2 e in ¾ siti investigati nell'ambito del progetto MORISO nonché in

4/30 dei siti monitorati da ARPA – DAP Ragusa nella zona investigata. Il limite fissato per la concentrazione totale di pesticidi viene superato solo nel sito denominato A2 (dati 2009-2011).

Secondo i dati di monitoraggio pubblicati da ARPA DAP Ragusa per tutta la provincia si evidenzia che comunque nel corpo idrico Ragusano si ha una elevata incidenza di punti che mantengono uno stato chimico buono nel quadriennio 2008-2011.

Ulteriori Indagini effettuate in Sicilia dall'ARPA nel corso del 2014 (Figura 3.33) hanno invece evidenziato un peggioramento dello stato qualitativo delle acque sotterranee nella provincia di Ragusa, con particolare riferimento al corpo idrico sotterraneo denominato Piana di Vittoria.

Nel corso del 2014, l'ARPA Sicilia ha condotto una estesa attività di monitoraggio e valutazione dei corpi idrici sotterranei ubicati in Sicilia. Questa attività è stata condotta sulla base del D.lgs. 30/2009 che definisce la procedura per la valutazione dello stato chimico dei corpi idrici sotterranei, riporta gli standard di qualità ambientale (SQA) stabiliti a livello comunitario per nitrati e pesticidi, ed individua, per un determinato set di parametri, i valori soglia (VS) adottati a livello nazionale (standard di qualità e valori soglia poi ripresi dal D.M. 260/2010) ai fini della valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee. La suddetta valutazione, relativamente all'anno 2014, è stata effettuata a livello di singola stazione di monitoraggio, verificando, per il valor medio annuo di ciascuno dei parametri determinati, il superamento o meno del relativo standard di qualità ambientale o del valore soglia (tabelle 2 e 3 della Parte A dell'Allegato 3 del D.L.vo 30/2009).

Per il 2014 la valutazione dello stato chimico puntuale ha riguardato complessivamente per la Sicilia 236 stazioni, costituite da pozzi, sorgenti e gallerie drenanti, rappresentative di tutti i bacini idrogeologici della Sicilia ad eccezione dei bacini dei Monti Madonie e dei Monti Nebrodi che non sono stati oggetto di monitoraggio nel corso del 2014 (Figura 3.34). Le stazioni monitorate appartengono in buona parte alla rete di monitoraggio delle acque sotterranee prevista nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia, comprendente 493 stazioni distribuite sui 77 corpi idrici sotterranei della Sicilia, secondo l'individuazione dei corpi idrici effettuata nel Piano di Tutela delle Acque della Sicilia ed integralmente adottata dal Piano di Gestione del Distretto Idrografico 2009-2015.

In alcuni corpi idrici sotterranei, ed in particolare in quelli ricadenti nel bacino idrogeologico dei Monti Iblei, l'attività di monitoraggio ha interessato alcune stazioni che, pur non essendo originariamente inserite nella rete di monitoraggio prevista dal Piano di Gestione, sono state monitorate in quanto coincidenti con siti di estrazione di acque sotterranee destinate al consumo umano (è questo il caso, per esempio, di alcune stazioni di monitoraggio dei CIS "Ragusano",

Siracusano meridionale”, “Lentinese”) o in quanto ricadenti in corpi idrici caratterizzati da un elevato livello di criticità ed eterogeneità delle situazioni di impatto causate dalle pressioni antropiche ivi presenti (è questo il caso del corpo idrico sotterraneo della Piana di Vittoria). Come previsto dalla procedura di valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee di cui al D.L.vo 30/2009, l’attribuzione dello stato “scarso” ad una data stazione di monitoraggio è stata effettuata allorquando si è verificato il superamento anche di un solo SQA o VS di cui alla norma citata.

In Tabella 3.21 è riportato il risultato dell’attività di valutazione dello stato chimico, in relazione ai parametri determinati, effettuata per ciascuna stazione monitorata nel 2014, con indicazione dello stato buono o scarso (in quest’ultimo caso vengono specificati i parametri responsabili dell’attribuzione dello stato scarso), e con indicazione dei parametri complessivamente ricercati nella matrice acque sotterranee dai laboratori dell’Agenzia. Infatti, poiché il set dei parametri ad oggi ricercati dalle Strutture Territoriali non sempre deriva da una analisi delle pressioni antropiche che insistono sui singoli corpi idrici, si è scelto di riportare accanto alla valutazione dello stato chimico puntuale dei CIS, anche l’elenco dei parametri complessivamente ricercati, al fine di corredare la valutazione effettuata con l’informazione sulla completezza del set analitico ricercato rispetto a quello previsto dal D.L.vo 30/2009.

Nel corso del 2014 sono stati determinati su campioni d’acqua prelevati dai pozzi e sorgenti di cui alla Tabella 3.23 i seguenti parametri: Nitrati; Alacoloro; Atrazina; Atrazina desetil; Azinfos etile; Azinfos metile; Bromopropilato; Clorfenvinfos; Clorotalonil; Clorpirifos etile; Clorpirifos metile; Diazinone; Dimetoato; Endosulfan; Endosulfan; Mecoprop; Endosulfan solfato; Fenarimol; Furalaxyl; Propizamide; Buprofenzin; Tolyfluanide; Fosmet; Mevinfos; Etofenprox; Cadusafox; Fenitrothion; Fention; Iprodione; Malation; Metalaxil; Metidation; Metolacolor; Myclobutanil; Metamidofos; Fenazaquin; Azoxystrobin; Folpet; Pirazofos; Kresoximmetile; Boscalid; Molinate; Eptenofos; Triazofos; Forate; Bupirimate; Oxyfluorfen; Tolclofos metile; Oxadixil; Paration-etile; Paration-metile; Penconazolo; Lenacil; Pendimetalin ($\mu\text{g/L}$); Pyrimicarb; Propiconazolo; Carbofuran; Pyrimetanil; Procimidone; Prometrina; Simazina; Terbutilazina; Terbutilazina desetil; Tetradifon; Triadimenol; Trifluralin; 2,4-D; Dichlorprop (2,4-DP); MCPA; Ciprodinil; Demeton-Smethylsulfon; Demeton-Smethyl; Diclorvos; Disulfoton; Diuron; Eptacloro; Metribuzin; Acetamiprid; Acrinatrina; Aldicarb; Aldicarb-sulfone; Aldicarb-Sulfossido; Bitertanolo; Carbaril; Carbendazim; Cimoxanil; Ciproconazolo; Ciromazina; Cis-Clordano; Dicloran; Clodinafop-Propargil; Cloromequat; Cumafos; Dimetomorf; Etoprofos; Exitiazox; Fenamifos; Fenexamide; Fluazifop; Fluazifopbutile; Fludioxonil; Eptacloro-Epossidoisomero-A; Eptacloro-Epossido-Beta;

Imazalil; Imazapir; Imidacloprid; Iprovalicarb; Metiocarb; Metomil; Monolinuron; Linuron; Oxamil; Propamocarb; Propargite; Propoxur; Spiroxamina; Tebuconazolo; Tiacloprid; Tiametoxam; Trans-Clordano; Triadimefon; Triasulfuron; Tribenuronmetile; Isoproturon; Picoxystrobin; Piridaben; Fenamidone; Tiabendazolo; Fenpyroximate; Fostiazate; Fenpropimorf; Dodemorf; Pyraclostrobin; Tetraconazolo; Clomazone; Mepanipyrim; Benfuracarb; Fluazifop-P-Butile; Etoxazole; Quinoxifen; Pirimifos-Metile; Ioxynil; Dithianon; Triclopyr; Bentazone; Dicamba; Diflubenzuron; Triflumuron; Methoxyfenozide; Teflubenzuron; Hexaflumuron; Antimonio; Cadmio; Mercurio disciolto; Nichel; Piombo; Arsenico disciolto; Cromo disciolto; Selenio; Vanadio; Boro; Cloruri; Fluoruri; Nitriti; Solfati; Ammoniaca (come NH₄); Benzene; Etilbenzene; Toluene; OXilene; Fenantrene; Styrene; Fluorene; Benzo pirene; Benzo fluoranthene; Benzo fluoranthene; Benzo fluorantene; DiBenzo antracene; Benzo perilene; Indeno pirene; Triclorometano; cloruro di vinile; 1.2-Dicloroetano; Tricloroetilene; Tetracloroetilene; 1.2-dicloroetene; Esaclorobutadiene; Sommatoria organoalogenati; Diclorobromometano; Dibromoclorometano; 1.2-Dibromoetano; Nitrobenzene; 1.4-dichlorobenzene; Clorobenzene; Triclorobenzeni; Pentaclorobenzene; Esaclorobenzene; Alfa esaclorocicloesano; Beta esaclorocicloesano; Delta esaclorocicloesano; Gamma esaclorocicloesano; Aldrin; Endrin; Isodrin; Dieldrin; Ddd o.p; Ddd p.p; Dde o.p; Dde p.p; Ddt o.p; Ddt p.p; Conducibilità (μS/cm a 20°C).

In Figura 3.34 è riportata la mappatura dello stato chimico puntuale 2014 dei corpi idrici sotterranei in corrispondenza delle stazioni monitorate in tale anno.

I risultati della valutazione condotta sulla base dei dati di monitoraggio del 2014 mettono in evidenza una densità molto elevata di stazioni in stato chimico scarso nel corpo idrico sotterraneo Piana di Vittoria, ricadente nel bacino idrogeologico dei Monti Iblei. In tale corpo idrico, dove la valutazione di stato chimico puntuale 2014 evidenzia la presenza di 38 stazioni in stato scarso su un totale di 45 monitorate, l'attribuzione dello stato scarso è dovuta prevalentemente al superamento degli SQA di cui alla tab. 2 del D. lgs. 30/2009 per quanto riguarda pesticidi (diversi principi attivi appartenenti per lo più alla categoria dei fungicidi e degli insetticidi) e nitrati, parametri riconducibili ad impatti da pressioni diffuse di tipo agricolo, oltre che per il superamento dei VS di cui alla tab. 3 del D. lgs. 30/2009 per alcuni parametri indicatori di intrusione salina nel corpo idrico sotterraneo, quali conducibilità elettrica, cloruri e solfati, e per altri parametri quali ammoniaca e, in alcune stazioni, mercurio, arsenico, tricloroetilene e tetracloroetilene.

Per quanto riguarda alcuni dei parametri di cui alla Tabella 3.21, quali i metalli ed i VOC, andrebbe verificato, attraverso opportune indagini, se la loro presenza nel corpo idrico sotterraneo in concentrazioni medie annue superiori ai VS sia riconducibile almeno in parte ad un possibile impatto

della presenza di alcune discariche RSU autorizzate ex art.12 del D.P.R. n.915/82 ed ex art.13 D.Lgs. n.22/97 (discariche attivate con “ordinanze contingibili e urgenti”) che insistono sull’area interessata dal corpo idrico sotterraneo. Alla luce dell’elevata incidenza percentuale di stazioni in stato scarso presenti nel CIS Piana di Vittoria e della loro distribuzione spaziale che ricopre abbastanza omogeneamente una porzione di corpo idrico sotterraneo superiore al 20% della sua area totale in affioramento (Figura 3.35), nonché in considerazione della molteplicità ed eterogeneità dei contaminanti riscontrati in corrispondenza di tali stazioni di monitoraggio, è possibile, ai sensi del D. lgs. 30/2009, art. 4, comma 2, classificare l’intero CIS Piana di Vittoria come corpo idrico sotterraneo in stato chimico scarso per l’anno 2014, in quanto gli SQA ed i VS sono superati in un numero di siti di monitoraggio che complessivamente rappresentano più del 20% dell’area totale (in affioramento) dell’intero corpo idrico sotterraneo.

I dati sulla delimitazione ed estensione del corpo idrico sotterraneo Piana di Vittoria (Figura 3.35) ad oggi disponibili nel Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia si riferiscono alla sola perimetrazione ed estensione in superficie delle formazioni idrogeologiche costituenti l’acquifero che ospita il CIS.

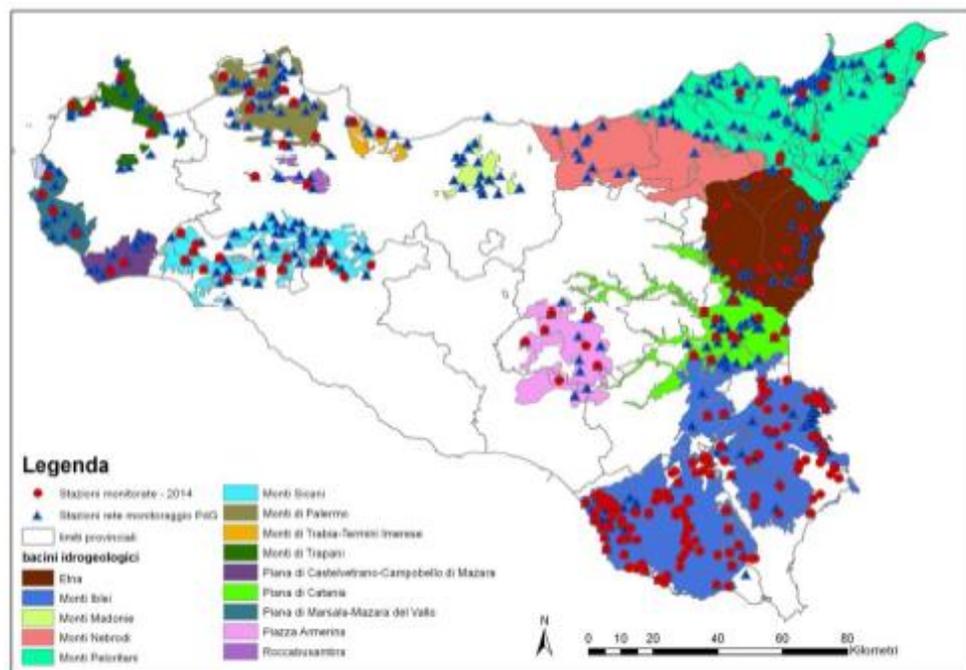


Figura 3.33 Ubicazione delle stazioni di monitoraggio qualitativo delle acque sotterranee - anno 2014

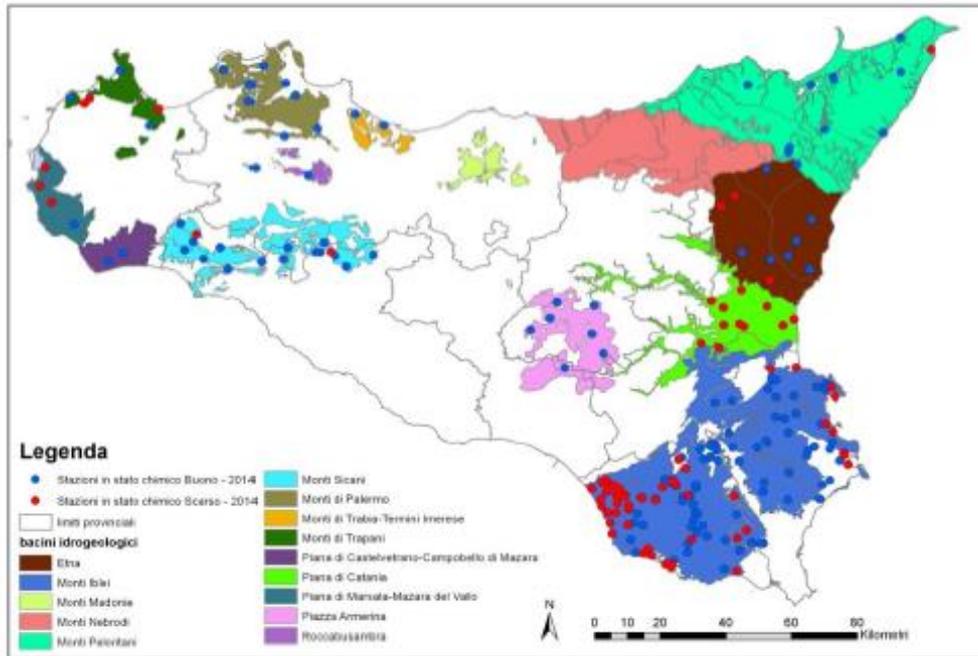


Figura 3.34 Mappatura dello stato chimico puntuale 2014 dei corpi idrici sotterranei (ARPA, 2015)

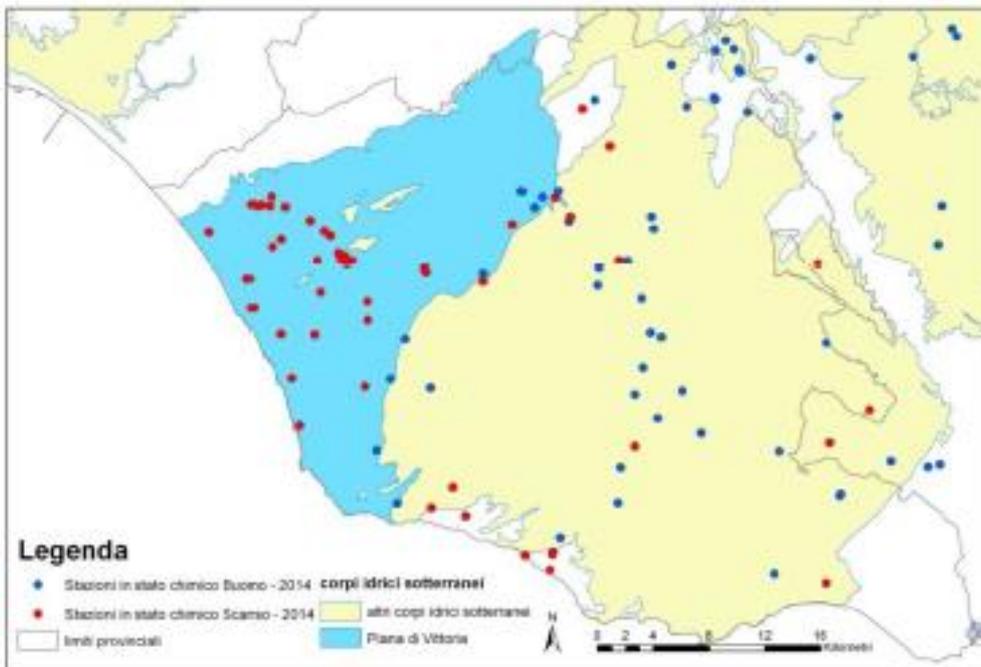


Figura 3.35 Mappatura dello stato chimico puntuale 2014 del corpo idrico sotterraneo Piana di Vittoria

Tabella 3.21 Valutazione dello Stato Chimico puntuale dei corpi idrici sotterranei rilevati nel 2014 nell'ambito della provincia di Ragusa (ARPA, 2015)

Corpo Idrico Sotterraneo	Codice Stazione	Denominazione Stazione	Stato chimico puntuale 2014 (1)
Lentinese	ITR19IBC S02R01	Sorgente Favara	
Lentinese	ITR19IBC S02R02	Sorgente Marchesa	
Lentinese	ITR19IBC S02R03	Sorgente Montagna	
Lentinese	ITR19IBC S02R04	Sorgente Bagliolo	
Lentinese	ITR19IBC S02R05	Sorgente Berlinga	
Lentinese	ITR19IBC S02R06	Sorgente Scifazzo	
Ragusano	ITR19IBC S03G01	Sorgente Santa Maria La Nova	
Ragusano	ITR19IBC S03G02	Sorgente Scalarangio	Nitrati
Ragusano	ITR19IBC S03G03	Sorgente Scianna Caporale	
Ragusano	ITR19IBC S03G04	Sorgente Timpa Calorio	
Ragusano	ITR19IBC S03G06	UNICT Pozzo A2	Nitrati, Clorpirifosmetile, Furalaxyl, Cadusafox, Iprodione, Metalaxil, Azoxystrobin, Boscalid, Pyrimetamil, Triadimenol, Ciprodinil, CARBENDAZIM, ETOPROFOS, FENAMIFOS, OXAMIL, PROPAMOCARB, TIAMETOXAM, Fostiazate, Pyraclostrobin, Pesticidi tot
Ragusano	ITR19IBC S03G12	UNICT Pozzo A8	Arsenico
Ragusano	ITR19IBC S03G13	UNICT Pozzo A9	Nitrati, Oxadixil, Pesticidi tot
Ragusano	ITR19IBC S03G18	Sorgente Donna Marina	
Ragusano	ITR19IBC S03G19	Sorgente Muti	
Ragusano	ITR19IBC S03G20	Sorgente Presti	
Ragusano	ITR19IBC S03P04	Pozzo Carnemolla	
Ragusano	ITR19IBC S03P11	Sorgente Fonte Chiaramonte	TEFLUBENZURON
Ragusano	ITR19IBC S03P26	Sorgente Paradiso	
Ragusano	ITR19IBC S03P27	Sorgente Cifali	
Ragusano	ITR19IBC S03P28	Sorgente Fonte Diana	
Ragusano	ITR19IBC S03P29	Sorgente Passolato	
Ragusano	ITR19IBC S03P31	Sorgente Cilone	
Ragusano	ITR19IBC S03R17	Pozzo Alfieri	Triclorometano, Dibromoclorometano
Ragusano	ITR19IBC S03R29	Pozzo Castellana-Casimiro	Nitrati
Ragusano	ITR19IBC S03R35	Pozzo Crocefia n. 5	
Ragusano	ITR19IBC S03R36	Pozzo Crocefia n. 6	

Corpo Idrico Sottterraneo	Codice Stazione	Denominazione Stazione	Stato chimico puntuale 2014 (1)
Ragusano	ITR19IBC S03R41	Pozzo Di Giacomo	
Ragusano	ITR19IBC S03R42	Pozzo Distefano	Nichel
Ragusano	ITR19IBC S03R50	Pozzo Gravina n. 1 ex n. 8	
Ragusano	ITR19IBC S03R51	Pozzo Gravina n. 5	Nitrati
Ragusano	ITR19IBC S03R52	Pozzo H	
Ragusano	ITR19IBC S03R53	Pozzo I	
Ragusano	ITR19IBC S03R54	Pozzo I1	
Ragusano	ITR19IBC S03R56	Pozzo Liequa n. 1	
Ragusano	ITR19IBC S03R60	Pozzo Michelica n. 1	
Ragusano	ITR19IBC S03R63	Pozzo Ottaviano	
Ragusano	ITR19IBC S03R68	Pozzo Pisana n. 2	
Ragusano	ITR19IBC S03R72	Pozzo Poidomani	
Ragusano	ITR19IBC S03R77	Pozzo Scianna Caporale n. 1	Triclorometano
Ragusano	ITR19IBC S03R78	Pozzo Scianna Caporale n. 2	
Ragusano	ITR19IBC S03R83	Pozzo Sudano	
Ragusano	ITR19IBC S03R86	Sorgente Cafeo	
Ragusano	ITR19IBC S03R87	Sorgente Cava di Volpe	
Ragusano	ITR19IBC S03R88	Sorgente Corchigliato	
Ragusano	ITR19IBC S03R89	Sorgente Fontana Grande	
Ragusano	ITR19IBC S03R90	Sorgente Fontana Nuova	Triclorometano
Ragusano	ITR19IBC S03R92	Sorgente Mariotta	
Ragusano	ITR19IBC S03R93	Sorgente Medica	
Ragusano	ITR19IBC S03R94	Sorgente Misericordia	
Ragusano	ITR19IBC S03R95	Sorgente Oro-Scribano	Nitrati, Ammoniaca, Triclorometano
Ragusano	ITR19IBC S03R96	Sorgente Polla	IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Cloruri, Conducibilità
Ragusano	ITR19IBC S03R97	Sorgente Salto di Lepre	Tetracloroetilene
Ragusano	ITR19IBC S03R98	Sorgente San Leonardo	
Ragusano	ITR19IBC S03R99	Sorgente San Pancrazio	
Ragusano	ITR19IBC S03X02	Pozzo Maggiore Placido	
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R01	ANT Pozzo Anthea	Nitrati, Oxadixil, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R02	ANT Pozzo Cunsolo Giuseppe	Nitrati, Oxadixil, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R03	ANT Pozzo Cunsolo n. 1	Nitrati
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R05	DV Pozzo Di Carmine	Nitrati, Metalaxil, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Mercurio, Cloruri, Solfati, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R06	DV Pozzo Geraci Giuseppe 10 m	Nitrati, Metalaxil, Oxadixil, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati

Corpo Idrico Sotterraneo	Codice Stazione	Denominazione Stazione	Stato chimico puntuale 2014 (1)
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R07	DV Pozzo Geraci Giuseppe 100 m	Tolclofos metile, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati, Ammoniaca
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R08	DV Pozzo Iemolo	Cloruri, Nitriti, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R09	DV Pozzo Licitra Giuseppe	Nitrati, Metalaxil, Azoxystrobin, Triadimenol, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R10	DV Pozzo Licitra Giancarlo	Nitrati, Metalaxil, Triadimenol, OXAMIL, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R11	DV Pozzo Migliore	PROPARGITE, TEBUCONAZOLO, Pesticidi tot, Arsenico, Cloruri, Ammoniaca, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R12	DV Pozzo Rosa Antonino	Nitrati, IMIDACLOPRI D, TIAMETOXAM, Pesticidi tot, Cloruri
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R13	Pozzo Alcerito	Nitrati, Metalaxil, IMIDACLOPRI D, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R18	Pozzo Barone	Nitrati, Clorpirifos etile, Terbutilazina, Terbutilazina desetil, Pesticidi tot
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R19	Pozzo Berdia	Nitrati, Metalaxil, Pyrimetamil, Triadimenol, CARBENDAZIM, TEBUCONAZOLO, Fostiazate, Pesticidi tot, Selenio, Cloruri, Solfati, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R20	Pozzo Bollente	Nitrati, Pesticidi tot, Cloruri
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R22	Pozzo Brancato	Nitrati, Metalaxil, Oxadixil, IMIDACLOPRID, TEFLUBENZURON, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati, Conducibilità

Corpo Idrico Sotterraneo	Codice Stazione	Denominazione Stazione	Stato chimico puntuale 2014 (1)
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R23	Pozzo Canino	Nitrati, Metalaxil, Oxadixil, Pyrimetamil, Triadimenol, CIPROCONAZOLO, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Solfati
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R24	Pozzo Cannata (Monitoraggio)	Tetracloroetilene
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R26	Pozzo Case Nuove	Nitrati, Metalaxil, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R27	Pozzo Cassibba n. 1	
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R28	Pozzo Cassibba n. 2 (Cottone)	
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R29	Pozzo Causapruno	Nitrati
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R31	Pozzo COOP La Sicilia	Metalaxil, Azoxystrobin, Triadimenol, EXITIAZOX, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Arsenico, Cloruri, Nitriti, Solfati, Ammoniaca
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R32	Pozzo COOP Piombo	Nitrati, Oxadixil, Pesticidi tot, Piombo, Solfati, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R37	Pozzo Fonte Abate	Nitrati, Cadusafox, Metalaxil, Oxadixil, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R42	Pozzo Macchione	Nitrati, Metalaxil, Triadimenol, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Solfati
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R47	Pozzo Mezzasalma	Nitrati, Metalaxil, Oxadixil, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati, Cloruro di vinile
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R49	Pozzo Passo Ippari n. 1	Tricloroetilene
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R50	Pozzo Passo Ippari n. 2	
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R51	Pozzo Passo Ippari n. 3	Solfati
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R52	Pozzo Passo Ippari n. 4	Ammoniaca

Corpo Idrico Sotterraneo	Codice Stazione	Denominazione Stazione	Stato chimico puntuale 2014 (1)
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R54	Pozzo Rinelli	Nitrati, Metalaxil, CIPROCONAZOLO, Pesticidi tot
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R56	Pozzo Sallemi	Nitrati, Metalaxil, Oxadixil, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Solfati
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R59	Pozzo San Silvestro	
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R60	Pozzo Sarra	Nitrati, Metalaxil, Azoxystrobin, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Solfati
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R62	Pozzo Scianna Caporale n. 3	
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R63	Pozzo Scianna Caporale n. 5	Triadimenol
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R64	Pozzo Scianna Caporale n. 6	
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R66	Pozzo Tirrito	
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R67	Pozzo Via Piave	Triclorometano
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R69	Pozzo Vivai Cappellaris	Solfati, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R70	Pozzo Vivai Hortus	Nitrati, Metalaxil, Azoxystrobin, Triadimenol, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot, Cloruri, Solfati, Conducibilità
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R75	Pozzo Caruso	Nitrati, Metalaxil, Oxadixil, Triadimenol, CIPROCONAZOLO, IMIDACLOPRID, TEBUCONAZOLO, Pesticidi tot
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06R77	Pozzo Fratelli Salvo	Nitrati, IMIDACLOPRID, Pesticidi tot
Piana di Vittoria	ITR19IBC S06X01	Pozzo Catania Vito	Nitrati, Solfati, Conducibilità

(1) In questa colonna sono stati riportati i parametri che presentano concentrazioni superiori ai valori soglia. In blu è indicato lo stato chimico buono ed in rosso lo stato chimico scarso.

Complessivamente su un totale di 101 stazioni ricadenti nei Copri Idrici Sotterranei (CIS) che ricadono in parte o totalmente nell'ambito della provincia di Ragusa, 49 sono state classificate dall'ARPA con uno stato chimico buono. In particolare delle 50 stazioni che ricadono nel CIS Ragusano 36 sono in stato chimico buono, mentre appare assai compromesso lo stato qualitativo del CIS Piana di Vittoria dove su un totale di 45 stazioni solo 7 sono classificate con uno stato chimico buono.

4. LA RETE DI MONITORAGGIO ESISTENTE GESTITA DAL LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA

4.1 Descrizione della rete esistente di monitoraggio degli acquiferi

Il territorio oggetto dell'intervento nell'ambito del progetto MORISO 2.0 è quello relativo alla ex provincia di Ragusa. La rete preesistente comprende 15 siti di misura delle acque sotterranee del territorio ibleo, di cui 11 gestiti dal Libero Consorzio Comunale di Ragusa, a cui ne sono stati aggiunti altri 4, gestiti dal Dipartimento Interventi Infrastrutturali per l'Agricoltura della Regione Sicilia (Figura 4.1).

La rete di monitoraggio del Libero Consorzio di Ragusa, costituita da n.11 sondaggi ambientali, presenta le caratteristiche indicate nella Tabella 4.1 (il pozzo di Santa Croce Camerina –di soggetto privato- è stato escluso dal network in quanto oggetto di corposi prelievi idrici che hanno condotto ad un rilievo di dati poco significativo).

Tutti i siti sono attrezzati con sonde multiparametriche in PVC con diametro (\varnothing) di 70 mm per analisi acqua, che rilevano in continuo i seguenti parametri chimico-fisici: livello di falda, temperatura, conducibilità elettrica, pH ed anche, in alcuni siti, Redox e ossigeno disciolto (Figura 4.2).

Le stazioni periferiche della rete di monitoraggio trasmettono i dati con una cadenza preimpostata e programmabile verso un centro di raccolta delle informazioni localizzato presso il Libero Consorzio Comunale di Ragusa presso il quale è stato installato il software per la gestione di tutta la rete di monitoraggio (Figura 4.3).

Le stazioni di monitoraggio assicurano la completa sostenibilità energetica in quanto dotati di sistema integrato pannello fotovoltaico- batteria che hanno evitato la necessità di prelievo di energia dalla rete pubblica riducendo, in tal modo, sia i costi di esercizio che di rispetto dell'ambiente.

Infine le stazioni sono dotate di memoria tampone locale per cui, se dovesse verificarsi una temporanea disfunzione nell'invio dei dati, alle prefissate scadenze, all'area ftp del server di raccolta, gli stessi non andranno persi ma, saranno memorizzati ed inviati non appena ripristinate le condizioni di trasmissione saranno ripristinate.

Come detto, la rete di monitoraggio del Libero Consorzio è stata implementata, nell'ambito del progetto MORISO, da ulteriori n.4 siti di misura, realizzati nella zona di Donnalucata (evidenziati dal cerchio blu in Figura 4.1).

I sondaggi ambientali, aventi profondità tra 30 e 60 m, sono stati attrezzati con sonde multiparametriche aventi le medesime caratteristiche di quelle già utilizzate dal Libero Consorzio negli 11 siti di Figura 4.1. L'integrazione tra l'ampliamento della rete di monitoraggio (4 siti) e quella

già disponibile (11 siti) è avvenuta in maniera automatica con trasmissione dei dati mediante apparecchiature GSM-GPRS.

I parametri monitorati dalla rete sono di importanza strategica per la comprensione dei meccanismi di progressivo inquinamento delle risorse sotterranee del territorio. Le considerazioni seguenti spiegano l'esigenza delle valutazioni effettuate.

La valutazione del livello di falda consente la ricostruzione delle linee iso-piezometriche degli acquiferi permettendo di effettuare una stima della loro potenzialità.

Il monitoraggio della temperatura lungo il profilo degli acquiferi consente di individuare eventuali interazioni tra falde superficiali e falde profonde, e in caso della presenza di elevati gradienti termici consente di evidenziare il fenomeno dell'intrusione marina. Tale fenomeno è peraltro valutabile anche nel caso della presenza di un significativo gradiente dei valori di conducibilità elettrica dell'acqua. Tale valore, che fornisce una misura indiretta della concentrazione totale dei sali disciolti nell'acqua, correlato ai valori di concentrazione di cloruri, consente di valutare, nel caso di punti di campionamento posti in prossimità della costa, l'entità del fenomeno di intrusione marina.

Le misure di pH, insieme ai valori del potenziale redox e dell'ossigeno disciolto consentono di fornire indicazioni sulla qualità delle acque di falda. Infatti valori molto elevati del potenziale redox ovvero riduzione dei valori di pH (< 4) e ossigeno disciolto (< 20-30%) sono indicatori del livello di contaminazione o di alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle acque sotterranee tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale o costruito.

Tabella 4.1 Principali caratteristiche della rete di monitoraggio esistente

Codice stazioni	Località	Coordinate cartografiche		Profondità sondaggio (m)	Periodo di monitoraggio
		nord (m)	est (m)		
A10	Scicli (Azienda privata)	4068541.91	2489870.93	31.5	Ott 2008 - oggi
A11	Scicli (Azienda privata)	4068930.97	2490903.54	60.0	
A12	Scicli (Azienda privata)	4068290.11	2489462.55	30.0	
A13	Scicli (Azienda privata)	4068498.91	2490197.93	40.0	
193	Donnalucata (Prov. Ragusa)	4069033.12	2487358.61	63.0	Feb 2008 - oggi
194	Chiaromonte G. (Prov. Ragusa)	4103292.1	2489563.88	44.0	
195	Vittoria (Prov. Ragusa)	4092407.58	2471129.71	60.0	
196	S.M. del Focallo (Prov. Ragusa)	4064383.25	2512121.41	25.0	
197	S. Giacomo (Prov. Ragusa)	4096998.76	2503033.22	82.0	
198	Scicli (Prov. Ragusa)	4071948.15	2490789.88	153.8	
199	Ragusa A.S.I. (Prov. Ragusa)	4081454.45	2495773.56	n.d.	
200	S. Croce Camerina (Prov. Ragusa)	4076344.97	2478295.48	n.d.	

* ultimo dato disponibile Giugno 2011

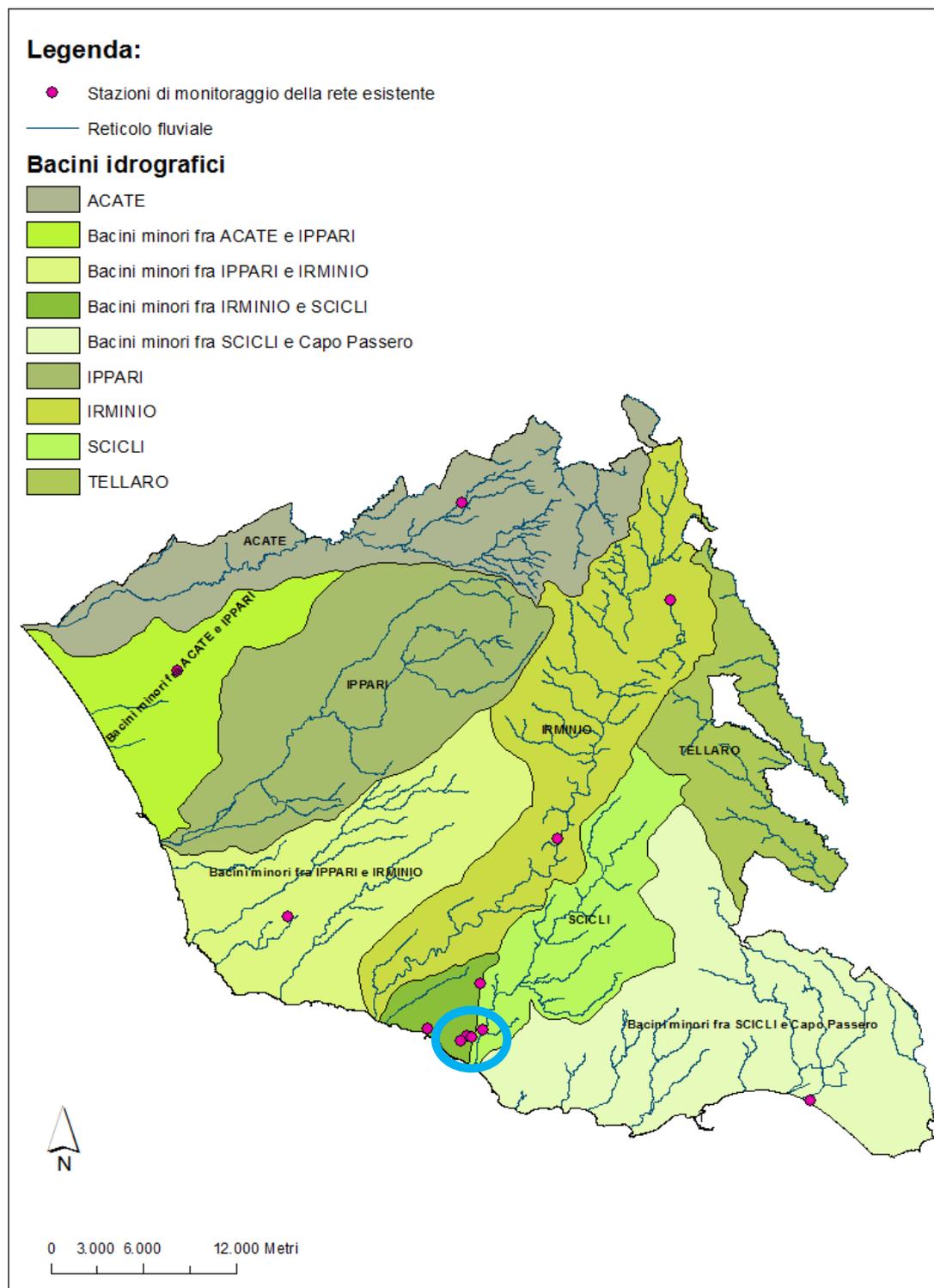


Figura 4.1 Ubicazione delle stazioni di monitoraggio esistenti; i siti dentro il cerchio blu sono quelli realizzati nell'ambito del progetto MORISO 1.

Nelle Figure da 4.4 a 4.6 sono riportate alcuni particolari dei siti di misura realizzati che compongono la rete di monitoraggio



Figura 4.2 Sonda multiparametrica e stazione con datalogger per registrazione dei dati

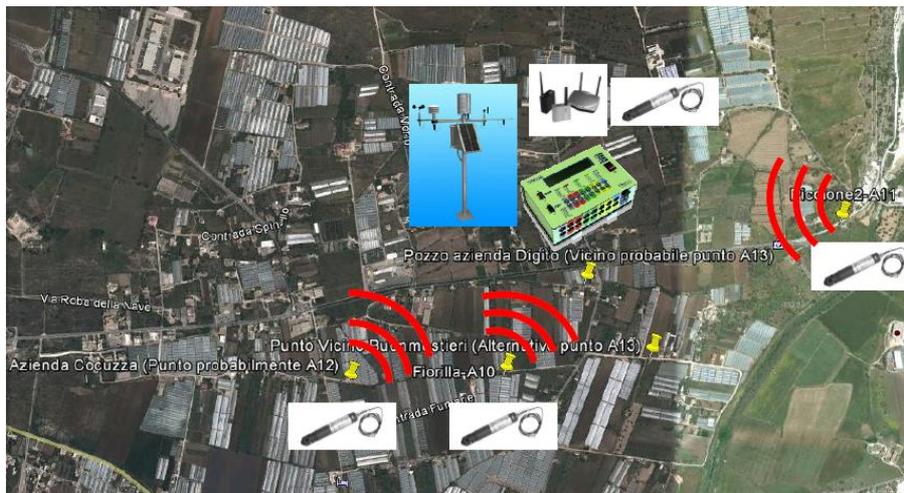


Figura 4.3 Schema di trasmissione e archiviazione dei dati provenienti dalla rete di monitoraggio esistente



Figura 4.4 Stazione di monitoraggio delle acque sotterranee del territorio ibleo

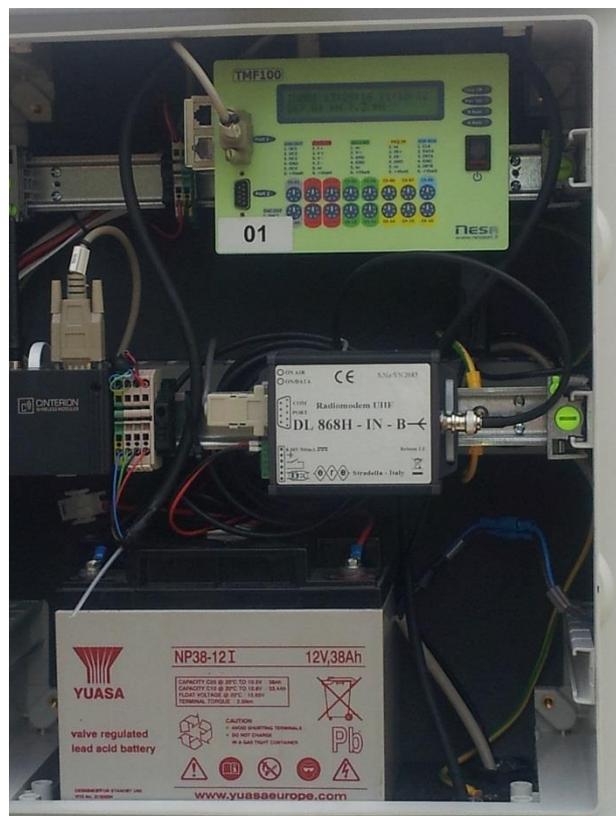


Figura 4.5 Particolare del datalogger installato presso la rete di monitoraggio



Figura 4.6 Particolare della sonda multiparametrica installata presso la rete di monitoraggio

4.2 Caratteristiche quali-quantitative delle risorse idriche sotterranee nel territorio di Ibleo

Gli studi condotti nell'ambito del progetto MORISO (2007-2013) hanno evidenziato un grave depauperamento sia qualitativo che quantitativo delle risorse idriche del territorio ibleo, con particolare riferimento alla zona di Donnalucata.

L'agricoltura intensiva che caratterizza le aree agricole del territorio ha seriamente compromesso la qualità delle falde più vicine alla costa, nelle quali sono stati riscontrati problemi di intrusione salina. Le concentrazioni di nitrati sono risultate, nel 70% dei sondaggi ambientali esaminati, superiori al limite di 50 mg/L fissato dal D.L. 30/2009.

Nei siti di monitoraggio relativi alla rete esistente, sono state condotte indagini di tipo chimico-fisico, attuate mediante il prelievo di campioni di acque e l'analisi presso i laboratori dell'ARPA Sicilia – DAP Ragusa. I parametri analizzati sono stati i seguenti: pH, conducibilità elettrica a 20°C, durezza, cloruri, solfati, fluoruri, calcio, magnesio, sodio, potassio, ammonio nitrito nitrato, residuo secco a 180 °C e alcalinità (Tabella 4.2).

Tabella 4.2 Principali parametri chimico-fisici rilevati dalla rete esistente

Data prelievo	Sito	pH [Unità pH]	Conducibilità a 20 [µS/cm]	Durezza [°F]	Cloruri [mg/L]	Solfati (SO4--) [mg/L]	Fluoruri [mg/L]	Calcio [mg/L]	Magnesio [mg/L]	Sodio [mg/L]	Potassio [mg/L]	Ammonio (NH4+) [mg/L]	Nitrito (NO2-) [mg/L]	Nitrato (NO3-) [mg/L]	Residuo secco a [mg/L]	Alcalinità (HCO3-) [mg/L]
11/3/2013	A2	7,17	973	42,4	78,9	108,2	0,24	146	14,64	59,5	5,8	<0,01	0,08	80,8	720	348
	A10	7,37	1273	36	159	216	1,03	91,5	32,2	136	11,8	7,3	0,07	81,8	945	224
	A11	7,34	916	39,1	88,8	59,3	0,27	126	18,8	51,6	5,6	<0,01	0,07	36,8	677	373
	A12	7,25	1350	50,3	134	172	0,45	168	20,4	118	3,5	0,01	<0,013	148	1003	370
	A13	7,34	1231	37,4	137	184	0,69	108	25,5	132	10,7	0,016	0,2	57,3	913	336
8/4/2013	A2	7,03	1024	45,1	83,2	121	0,2	154	16,2	65,4	6,4	0,11	<0,013	91,6	768	371
	A10	7,14	1135	37,1	102	200	0,9	99,3	30,4	110	14,4	0,11	0,02	116	841	241
	A11	7,1	930	35,2	92,3	64,6	0,23	128	19,8	55,8	5,6	0,09	<0,013	38	687	390
	A12	7,13	1267	44,3	105	180	0,44	149	17,4	122	3,8	0,12	0,05	167	940	346
	A13	7,24	1233	37,3	139	183	0,66	107	25,8	123	11,8	0,18	<0,013	48,6	915	343
17/05/2013	A2	6,95	992	43,1	82,2	105	0,29	148	15,2	62,3	7,6	0,097	<0,01	76,1	734	368
	A10	7,09	1170	37,9	106	209	0,96	101	30,8	111	14	0,3739	0,2679	68,2	867	282
	A11	7,07	965	40,9	101	68,9	0,32	128	21,8	57,6	7,4	0,0538	0,0951	18,8	714	390
	A12	7,09	1218	41,6	79	198	0,52	140	15,2	124	4	0,0541	0,0476	129	903	343
	A13	7,22	1291	36,6	158	196	0,72	104	26	148	14	0,1955	0,0483	26,6	883	348

I campioni di acque sono stati analizzati anche al fine di individuare la presenza di prodotti fitosanitari, secondo quanto disciplinato dalle linee guida approvate da ISPRA-ARPA-APAT nel 2011 e contenute nel documento “Definizione delle liste di priorità per i fitofarmaci nella progettazione del monitoraggio delle acque”, di cui al D. Lgs 152/2006.

Nelle Figure da 4.7 a 4.10, per gli ultimi 4 siti di misura realizzati e gestiti dalla Regione Sicilia, sono riportati gli andamenti dalla falda superficiale (dal piano campagna), e della conducibilità elettrica rilevate dalle sonde multiparametriche ogni 12 ore, insieme alle altezze di precipitazioni registrate dalla stazione di Scicli (N 4068435m, E 471153 m, UTM-ED 50) durante il periodo di campionamento.

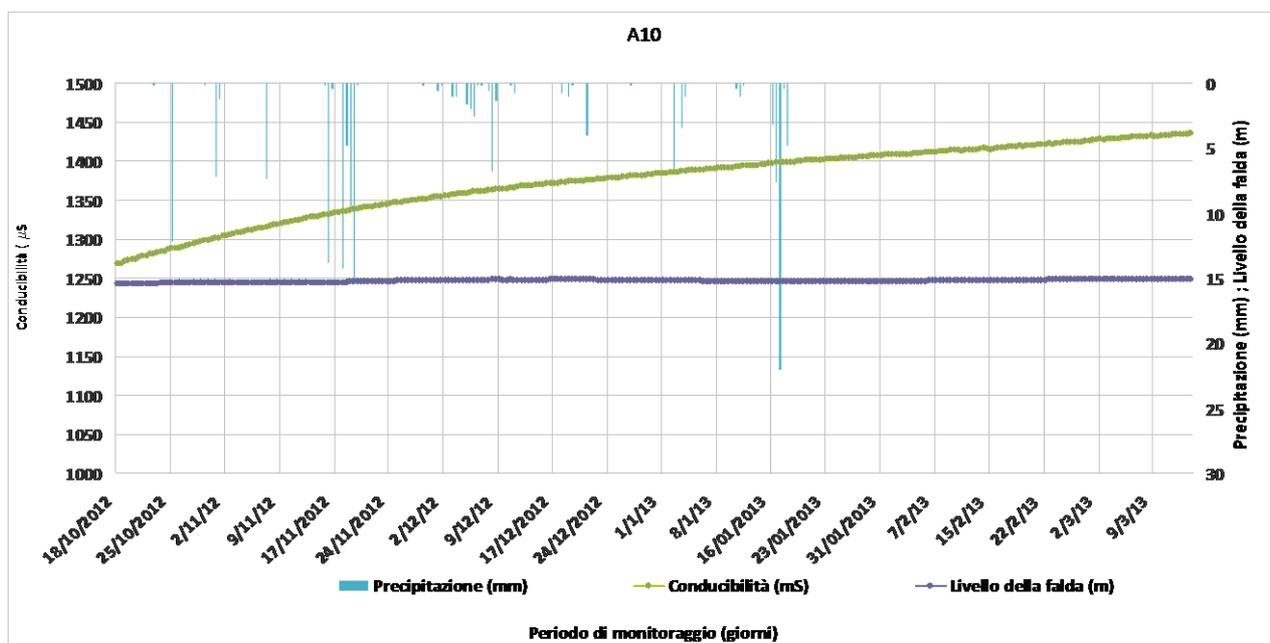


Figura 4.7 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito A10 e delle altezze di precipitazioni

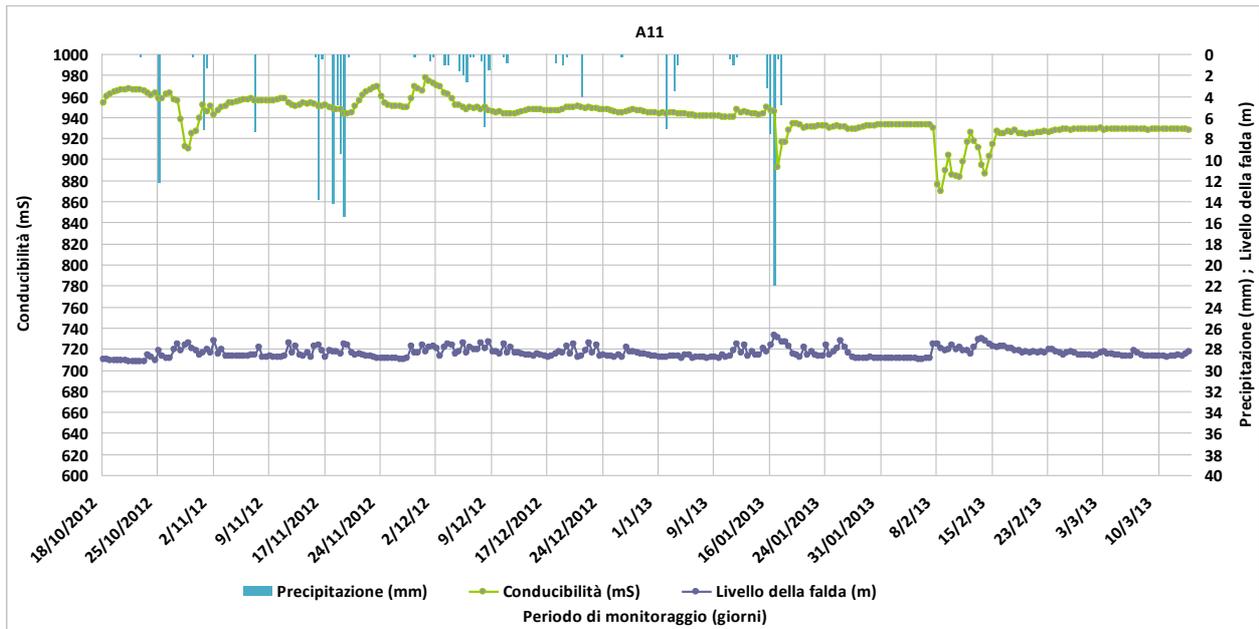


Figura 4.8 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito A11 e delle altezze di precipitazioni

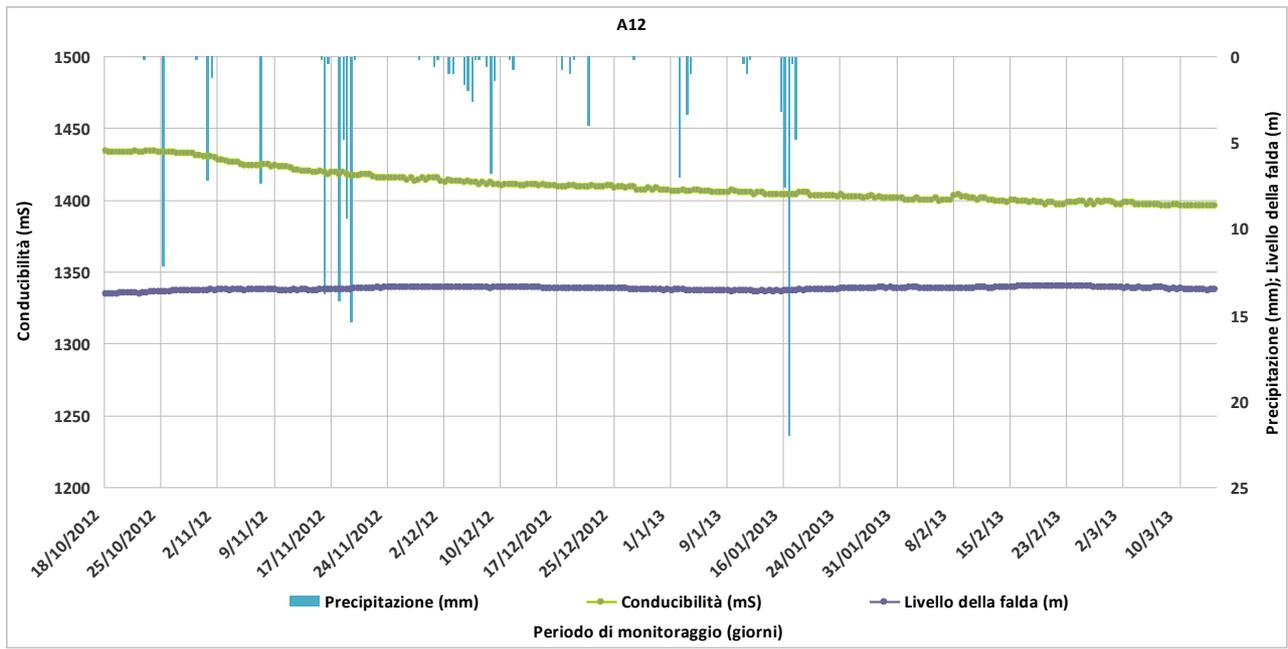


Figura 4.9 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito A12 e delle altezze di precipitazioni

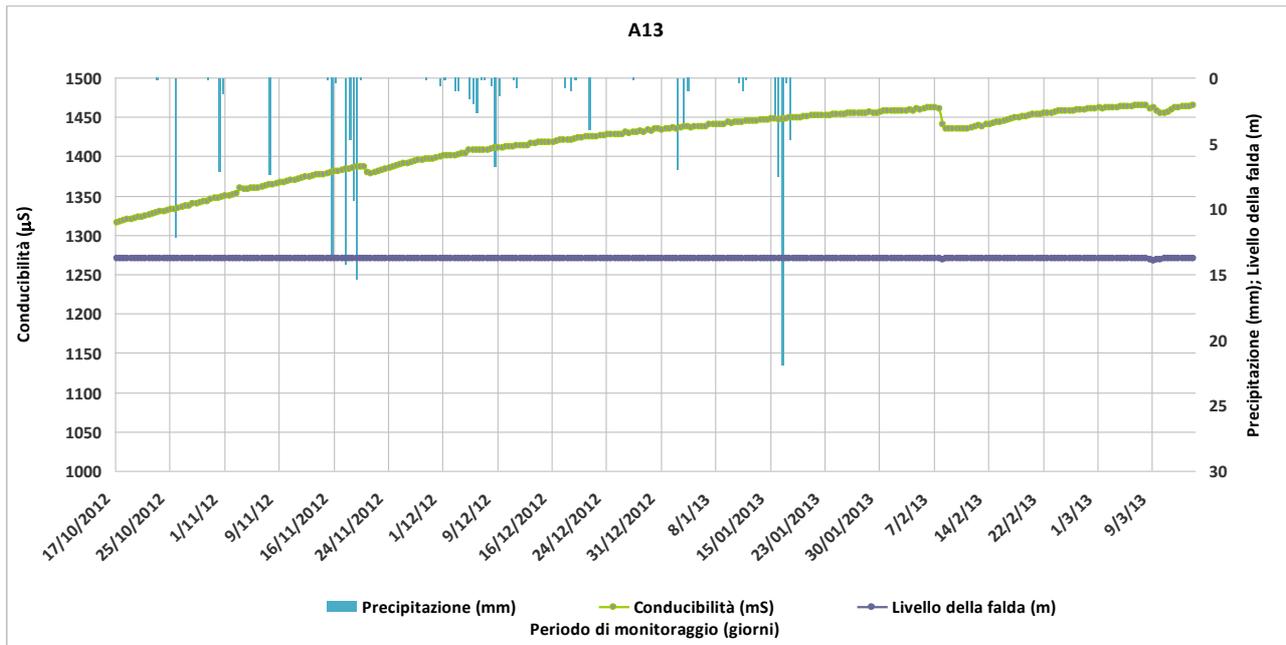


Figura 4.10 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito A13 e delle altezze di precipitazioni

I dati della Tabella 4.2 e delle Figure da 4.7 a 4.10 hanno consentito di trarre alcune considerazioni, come di seguito riportato. I valori di pH delle acque di falda monitorate risultano compresi nel range 6-8, e dunque di livello accettabile; i valori di conducibilità elettrica (CE) potrebbero comportare alcune difficoltà per l'accrescimento di alcune colture o comunque una diminuzione della produttività.

In genere, esiste un valore di soglia al di sopra del quale la produzione vegetale diminuisce linearmente all'aumentare della salinità, secondo la relazione:

$$Y = 100 - (EC_e - A) \cdot B \quad (4.1)$$

dove: Y rappresenta la produttività relativa (%); EC_e è la salinità del suolo espressa come conducibilità elettrica dell'estratto saturo; A è la soglia di salinità oltre la quale inizia il decremento di resa; B il fattore che lega la salinità del suolo ed il calo di produzione, cioè la pendenza della retta che lega le due variabili, in Figura 4.11 (Maas, 1984).

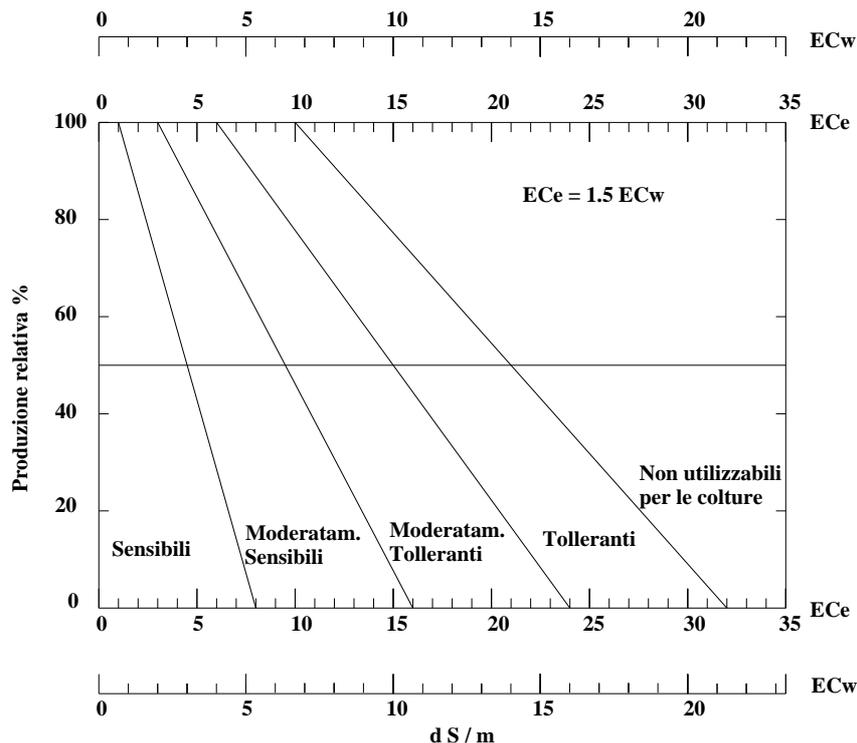


Figura 4.11 Suddivisione delle colture secondo la tolleranza relativa ai sali (Maas, 1984)

Diversi studi sono stati svolti per cercare di ottenere dati comparativi di sensibilità alla salinità delle principali colture, giungendo alla conclusione che dal confronto fra la conducibilità elettrica dell'acqua di irrigazione EC_w e dall'estratto del suolo EC_e è possibile stimare i decrementi di rese delle colture, rispetto alla resa massima possibile. Nella tabella 3.4 sono indicate tali stime secondo una scala di tolleranza, ed i valori riportati sono elaborati nelle seguenti ipotesi: l'irrigazione venga effettuata quando l'acqua utilizzata dalle colture raggiunge il 50% di quella disponibile e che vi sia una percolazione del 15% circa.

Tabella 3.4 Tolleranza salina e produttività potenziale delle colture in funzione della salinità dell'acqua d'irrigazione (EC_w) e della salinità dell'estratto saturo del suolo (EC_e)

Colture	Produttività potenziale ⁽²⁾									
	100%		90%		75%		50%		0% max ⁽³⁾	
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w
Orzo	8,0	5,3	10,0	6,7	13,0	8,7	18,0	12,0	28,0	19,0
Cotone	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,4	17,0	12,0	27,0	18,0
Sorgo g.	6,8	4,5	7,4	5	11,0	7,5	9,9	6,7	24,0	16,0
Grano	6,0	4	7,4	4,9	9,5	6,3	13,0	8,7	20,0	13,0
Soia	5,0	3,3	5,5	3,7	6,3	4,2	7,5	5,0	10,0	6,7
Fagiolino	4,9	3,3	5,7	3,8	7,0	4,7	9,1	6,0	13,0	8,8

Riso	3,0	2	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8	11,0	7,6
Mais	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0	6,7
Lino	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10,0	6,7
Fava	1,5	1,1	2,6	1,8	4,2	2,0	6,8	4,5	12,0	8,0
Ortive	100%		90%		75%		50%		0% max	
	EC _e	EC _w								
Zucchini	4,7	3,1	5,8	3,8	7,4	4,9	10	6,7	15	10
Pomodoro	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5	13	8,4
Cetriolo	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2	10	6,8
Sedano	1,8	1,2	3,4	2,3	5,8	3,9	9,9	6,6	18	12
Patata	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9	10	6,7
Peperone	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4	8,6	5,8
Lattuga	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,1	3,4	9	6
Cipolla	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9	7,4	5
Carota	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3	8,1	5,4
Fruttifere	100%		90%		75%		50%		0% max	
	EC _e	EC _w								
Palma	4,0	2,7	6,8	4,5	11,0	7,3	18,0	12,0	32,0	21,0
Pompelmo	1,8	1,2	2,4	1,6	3,4	2,2	4,9	3,3	8,0	5,4
Arancio	1,7	1,1	2,3	1,6	3,3	2,2	4,8	3,2	8,0	5,3
Pesco	1,7	1,1	2,2	1,5	2,9	1,9	4,1	2,7	6,5	4,3
Vite	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5	12,0	7,9
Mandorlo	1,5	1,0	2,0	1,4	2,8	1,9	4,1	2,8	6,8	4,5
Fragola	1,0	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	4,0	2,7

- (1) Da Maas e Hoffman (1977) e Maas (1984) I valori riportati nella tabella devono essere considerati soltanto come guida alla tolleranza relativa delle colture alla salinità.
- (2) La salinità media della rizosfera (EC_e) è espressa come conduttività elettrica dell'estratto saturo del suolo in milliSiemens per cm a 25°C (mS/cm) come pure la conduttività elettrica media dell'acqua di irrigazione (EC_w).
- (3) Produttività potenziale zero o EC_e massima indicano la salinità teorica del suolo alla quale la crescita delle piante si arresta.

Nelle Figure 4.12 e 4.13 sono riportati i profili di conducibilità elettrica a diverse profondità misurati nei 4 siti di misura gestiti dalla Regione Sicilia.

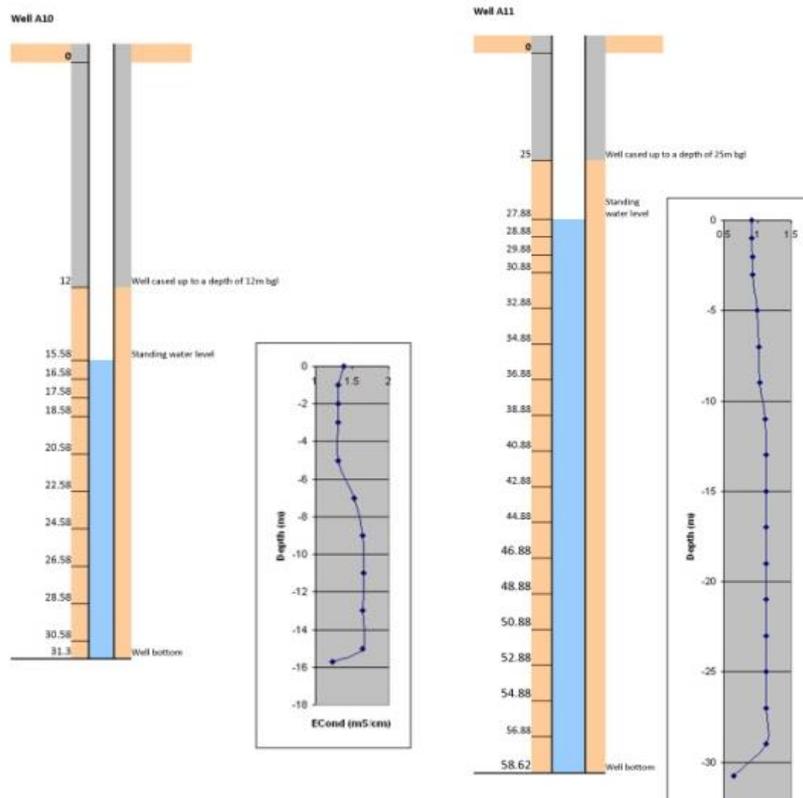


Figura 4.12 Profilo di conducibilità elettrica (mS/cm) nei siti A10 (sinistra) e A11 (destra)

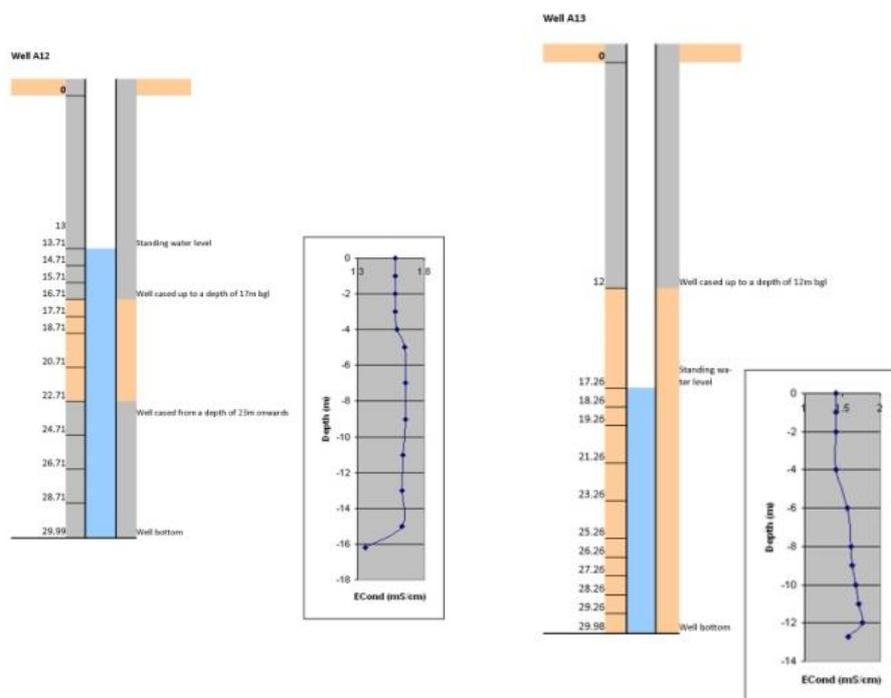


Figura 4.13 Profilo di conducibilità elettrica (mS/cm) nei siti A12 (sinistra) e A13 (destra)

La Tabella 4.4 riporta i principali parametri chimico-fisici rilevati in selezionati sondaggi ambientali della rete esistente gestita dal Libero Consorzio Comunale di Ragusa.

Tabella 4.4 Principali parametri chimico-fisici analizzati da ARPA - DAP Ragusa in 6 siti localizzati nei bacini di Scicli e nei bacini minori tra Irmínio e Scicli.

Data prelievo	Sito	pH [Unità pH]	Conducibilità a 20 °C [µS/cm]	Durezza [°F]	Cloruri [mg/L]	Solfati (SO4--) [mg/L]	Fluoruri [mg/L]	Calcio [mg/L]	Magnesio [mg/L]	Sodio [mg/L]	Potassio [mg/L]	Ammonio (NH4+) [mg/L]	Nitrito (NO2-) [mg/L]	Nitrato (NO3-) [mg/L]
6/3/2012	A9	7.12	1660	66.5	267	200	0.28	205.1	37.2	143.2	11.1	0.03	<0.01	203
	A2	6.93	928	40.8	75.9	95.7	0.25	141.8	13.4	59.2	5.4	0.05	<0.01	80.8
	A8	7.25	920	34.7	116.1	56.5	0.6	81.6	35	88.1	6.1	0.02	<0.01	<1
8/3/2012	Sorgente Polla	7.8	934	35.3	113.7	57.5	0.24	123.4	11.6	70.4	15.2	0.03	0.02	37.2
	Pozzo Carnemolla	7.2	1020	40.2	83.6	202.8	0.26	156.4	15.2	70.2	1.6	0.1	0.25	19.4
21/03/2012	Sorgente Salto di Lepre	7.1	661	31	48.4	35.5	0.23	110.8	8.4	37.6	6.4	<0.01	<0.01	40.3
	Sorgente Mariotta	7.3	641	30.6	49	26.8	0.23	108.3	8.9	36	5.8	<0.01	<0.01	31.8
	Sorgente Santa Maria La Nova	7.15	638	30.8	49.2	34.2	0.18	109.4	8.7	36.8	6.1	<0.01	<0.01	35
24/05/2012	A9	7	1620	64.7	268	221	0.5	197.3	37.6	141.5	9.4	0.01	<0.01	216
	A2	6.85	984	41.7	80.5	96.9	0.35	143.5	14.5	60.3	7	0.08	<0.01	135
	A8	7.15	927	34.6	119.6	59.2	0.68	81	35	85.5	5.9	0.09	<0.01	<1
	Pozzo Carnemolla	7.3	1018	30.7	131	46	0.79	64.1	35.8	126	8.4	0.43	<0.01	1.4
27/06/2012	Sorgente Polla	7.25	834	24.3	82.3	59.4	0.37	116.9	12.1	57.1	7.5	<0.01	<0.01	35.4
	Sorgente Santa Maria La Nova	7.43	678	29.9	47.7	24.8	0.32	105.5	8.8	34.4	5.9	<0.01	<0.01	34.1
	Sorgente Mariotta	7.39	671	28.9	47.3	25.8	0.3	104.7	6.9	33.8	5.7	<0.01	<0.01	32.9
	Sorgente Salto di Lepre	7.29	686	30.05	47.1	27.8	0.29	106.8	8.4	33.2	6.5	<0.01	<0.01	37.5
3/8/2012	Pozzo Carnemolla	7.6	1070	29.6	140.6	35.4	2	54.2	39.1	139.9	9.6	0.42	<0.01	1.4
	Sorgente Polla	7.46	852	34.5	84.4	84.8	0.4	117.9	12.4	58.4	7.4	0.018	0.017	36.8
6/8/2012	A2	7.1	1015	45.2	87.6	109.6	0.36	156.4	15.1	66.2	4.9	0.01	<0.01	80.3
	A8	7.4	961	32.2	125.3	64.1	0.66	72.1	34.6	87.3	6.2	0.12	0.02	<1
12/10/2012	Sorgente Santa Maria La Nova	7.27	664	29.4	48.5	21.5	0.06	103.9	8.4	34	5.6	<0.01	<0.01	32.4
	Sorgente Salto di Lepre	7.2	672	29.7	46.9	22.3	0.24	105.7	8.1	32.8	5.8	<0.01	<0.01	34.3
	Sorgente Polla	7.23	907	31.6	98.6	58.4	0.3	105	13.1	6.2	62.2	0.07	0.01	42.6
7/1/2013	Pozzo Carnemolla	7.37	959	25.6	114	29.4	1.1	49.7	32.1	99.3	6.3	0.63	<0.01	0.9
	A9	7.18	1580	61.7	252	204	0.37	190	34.8	135	10.1	0.04	<0.01	216
	A8	7.3	925	37.6	122	47.4	0.65	92.1	35.6	85.2	6.9	0.13	<0.01	1.3
	A2	7	868	40.5	75.4	88.6	0.32	140	13.6	56.6	62	0.12	<0.01	66.8

Anche per i siti di misura di Tabella 4.4 possono essere tratte alcune considerazioni circa l'idoneità delle acque di falda ad essere utilizzate per irrigazione.

Dall'analisi di nitrati e pesticidi, condotta nel triennio 2008-2011 (ARPA, 2013), emerge quanto riportato in Tabella 4.4. In particolare, la concentrazione di nitrati è > 50 mg/L nel sito sorgente Polla nel 2010, e nei siti A2, A3, A4 e A5 nel periodo 2009-2011.

4.5 Concentrazione di nitrati e pesticidi nelle acque di falda del territorio ibleo (Fonte ARPA DAP Ragusa)

Siti di monitoraggio ARPA 2008-2011	metri_NORD	metri_EST	Nitrati (mg/L NO3)				Pesticidi totali (mg/L)			
			2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Sorgente Berlinga	4103969	2503252	6.00	4.20	1.70	2.20	0.03	0.01	0.01	0.03
Sorgente Cafeo	4080109	2495745	15.50	14.50	14.90	14.33	0.03	0.03	0.01	0.04
Sorgente Cava di Volpe	4092246	2497121		6.10	4.50	9.10		0.01	0.01	0.07
Sorgente Donna Marina	4101760	2501520		19.40	19.50	19.50		0.01	0.01	0.01
Sorgente Fontana Grande	4088144	2493108		36.30	33.50	33.72		0.01	0.06	0.02
Sorgente Marchesa	4106067	2502275	18.30	16.90	17.75	15.68	0.03	0.01	0.01	0.03
Sorgente Mariotta	4074752	2494717		28.20	36.15	33.98		0.01	0.01	0.06
Sorgente Medica	4075968	2506139	33.00	30.90	31.10	28.30	0.03	0.01	0.01	0.05
Sorgente Misericordia	4089900	2495197	20.77	25.73	31.62	23.90	0.03	0.01	0.01	0.01
Sorgente Montagna	4105299	2501560	14.60	16.65	16.05	13.13	0.03	0.01	0.01	0.01
Sorgente Presti	4101863	2501453	20.60	24.60	21.00	20.58	0.03	0.01	0.01	0.01
Sorgente Salto di Lepre	4076345	2495751			43.55	34.93			0.01	0.04
Sorgente San Leonardo	4087183	2496243		17.00	14.50	15.73		0.01	0.01	0.03
Sorgente San Pancrazio	4080358	2499169	24.40	23.70	22.50	24.60	0.03	0.01	0.01	0.06
Sorgente Santa Maria La Nova	4072140	2494532	11.50	9.40	25.40	27.25	0.03	0.01	0.03	0.01
Sorgente Scifazzo	4103969	2503252		2.10	1.00	1.73		0.01	0.01	0.02
Pozzo Carnemolla	4069600	2490413		0.5	3.3	40				
Sorgente Polla	4068351	2487857		38.4	53.6	39.5				
Pozzo Cannata	4068894	2493094		18.3	19.3					
Pozzo Dammuso	4068925	2487363		39.6	37.6	42.2				
Pozzo Manenti	4067965	2492064			103					
Pozzo Petrarò	4064895	2498913		21.9	18.8					
A1	4070564	2489121		11.9	13.2			0.01	0.01	
A2	4068397	2489836		74.10	60.50	98.42				68.49
A3	4066215	2491062		167	174.5			0.22	0.20	
A4	4066466	2491578		90.5	96.2			0.01	0.01	
A5	4068459	2491045		70.6	73.6			0.03	0.07	
A8	4068555	2489896				1.00				0.38
A9	4067228	2489637				201.38				0.96
LIMITI DL n.30 2009			50				0.5			

Nelle Figure da 4.14 a 4.17, per gli ultimi 4 siti di misura realizzati e gestiti dalla Regione Sicilia, sono riportati gli andamenti mensili dalla falda superficiale (metri, dal piano campagna), e della conducibilità elettrica (mS/cm) rilevate dalle sonde multiparametriche, insieme alle altezze di precipitazioni mensili registrate dalla stazione di Scicli durante il periodo Ottobre 2012 (installazione) – Marzo 2016.

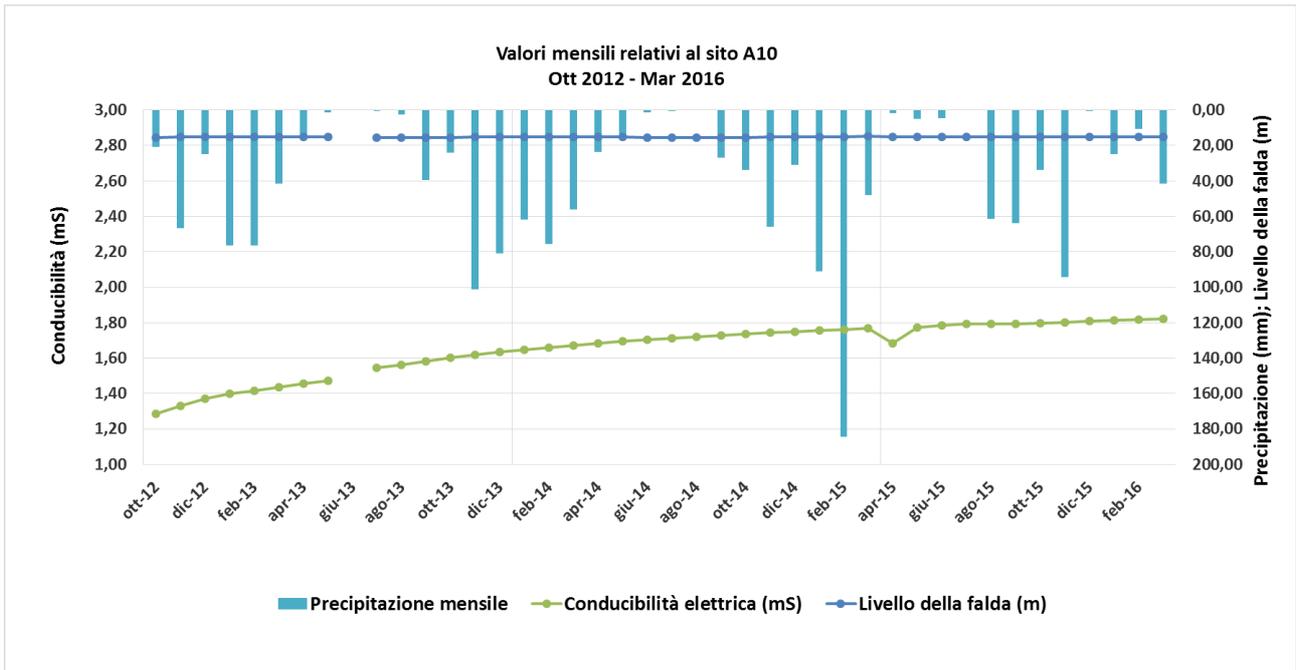


Figura 4.14 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito A10 e delle altezze di precipitazioni

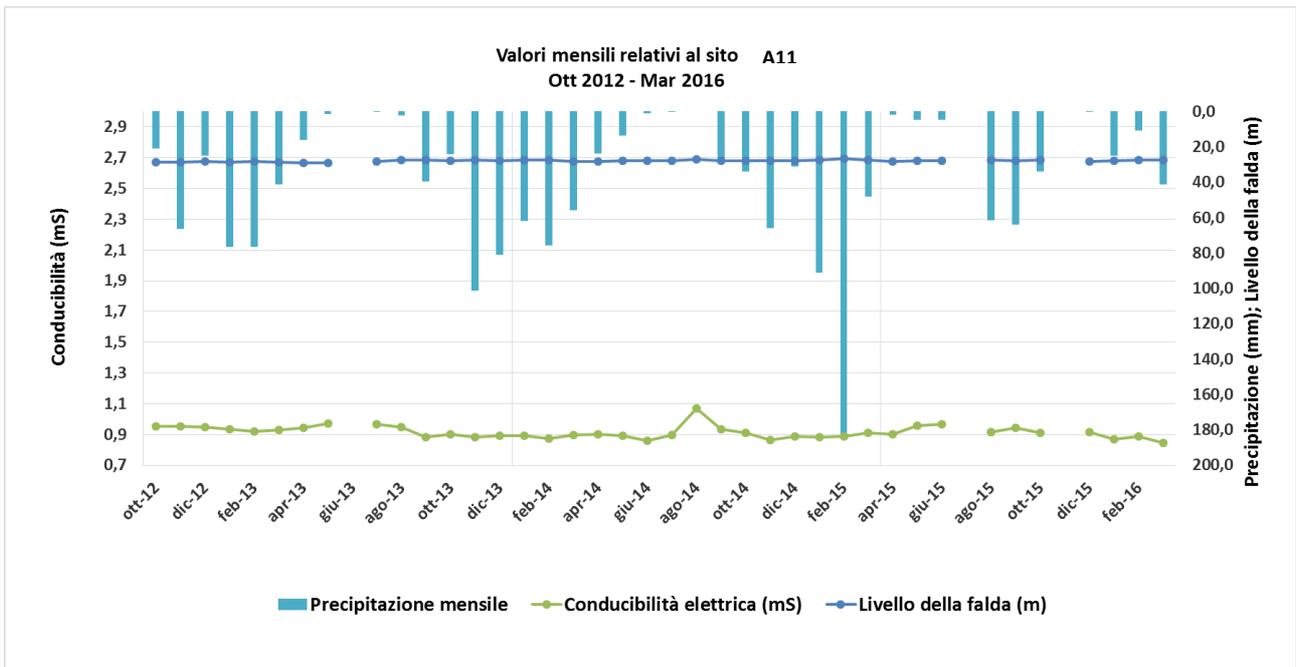


Figura 4.15 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito A11 e delle altezze di precipitazioni

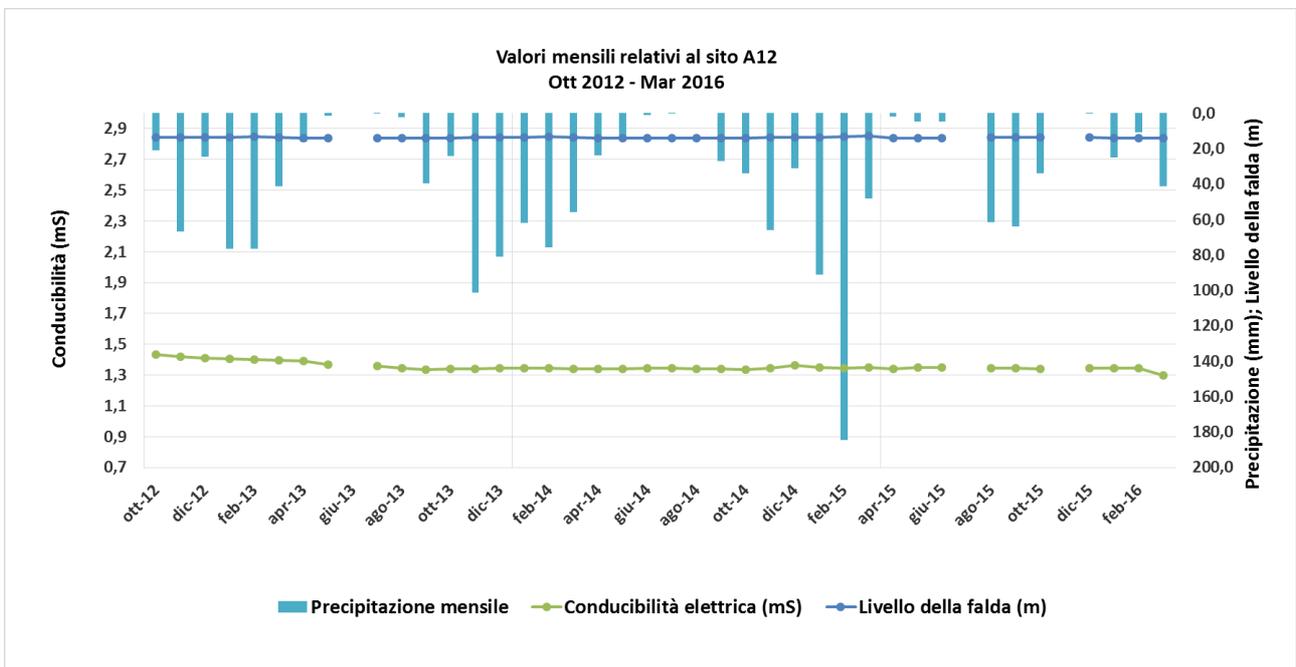


Figura 4.16 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito A12 e delle altezze di precipitazioni

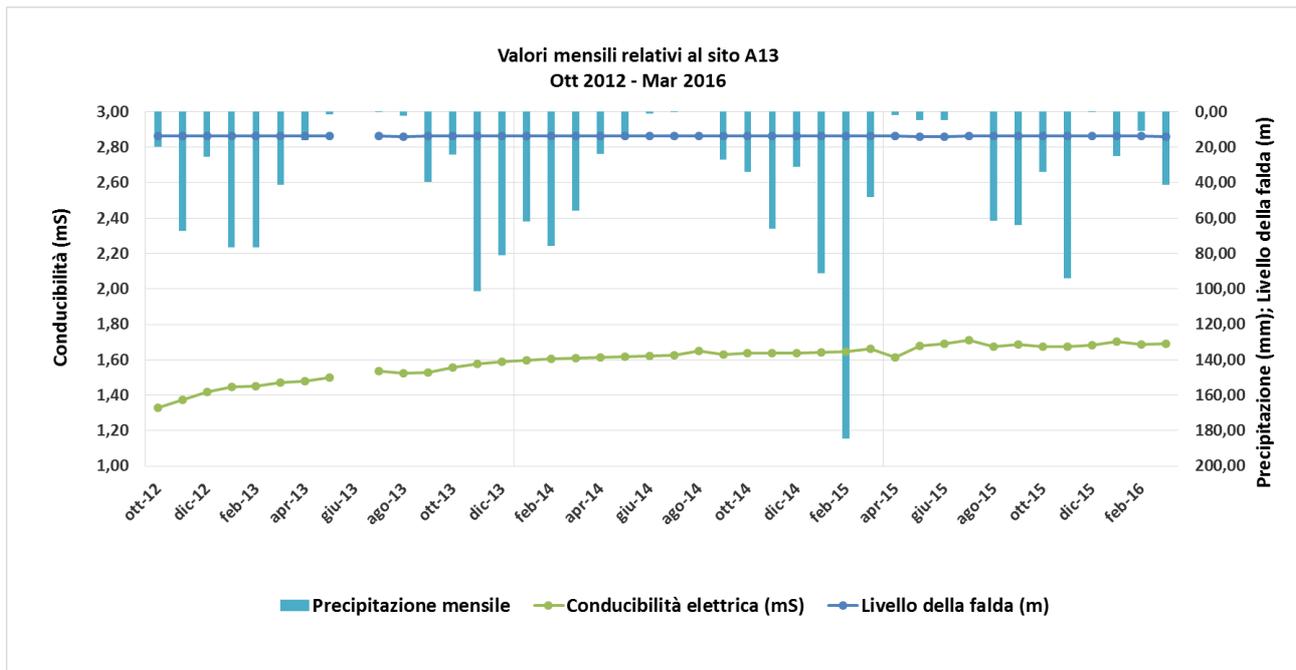


Figura 4.17 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito A13 e delle altezze di precipitazioni

Si noti come i valori di conducibilità elettrica media mensile nei siti di misura A10 (Figura 4.15) e A13 (Figura 4.17) siano crescenti durante il periodo di monitoraggio Ottobre 2012 – Marzo 2016. Il sito A11 (Figura 4.15) presenta valori di conducibilità elettrica intorno a 0,8 – 1,1 mS. Tali valori sono più bassi rispetto ai sondaggi ambientali A10-A12-A13, che ricadono nella stessa area e che in media presentano valori di CE pari a 1,5 mS.

Nelle Figure 4.18 – 4.21 sono mostrati gli andamenti orari del livello freatico (metri, rispetto il livello del mare) versus i valori di conducibilità elettrica per alcune delle stazioni di monitoraggio gestite dal Libero Consorzio Comunale di Ragusa (193, 194, 194, 196, 199, vede Tabella 4.1).

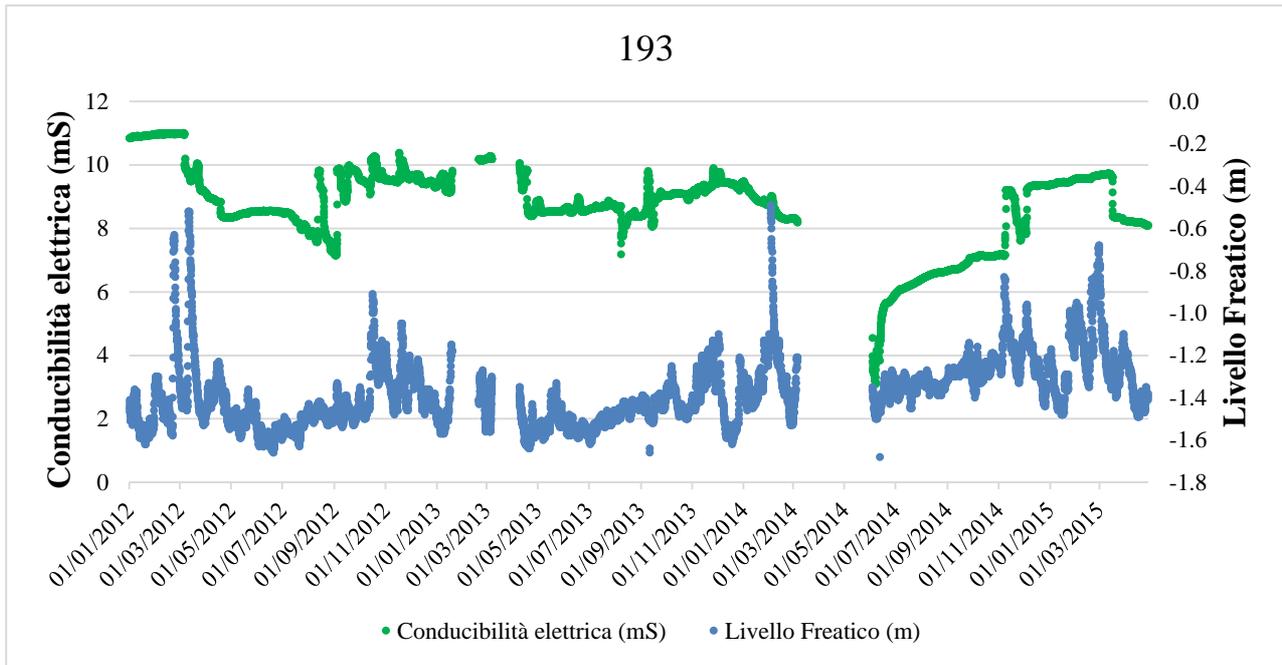


Figura 4.18 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito 193 località Scicli

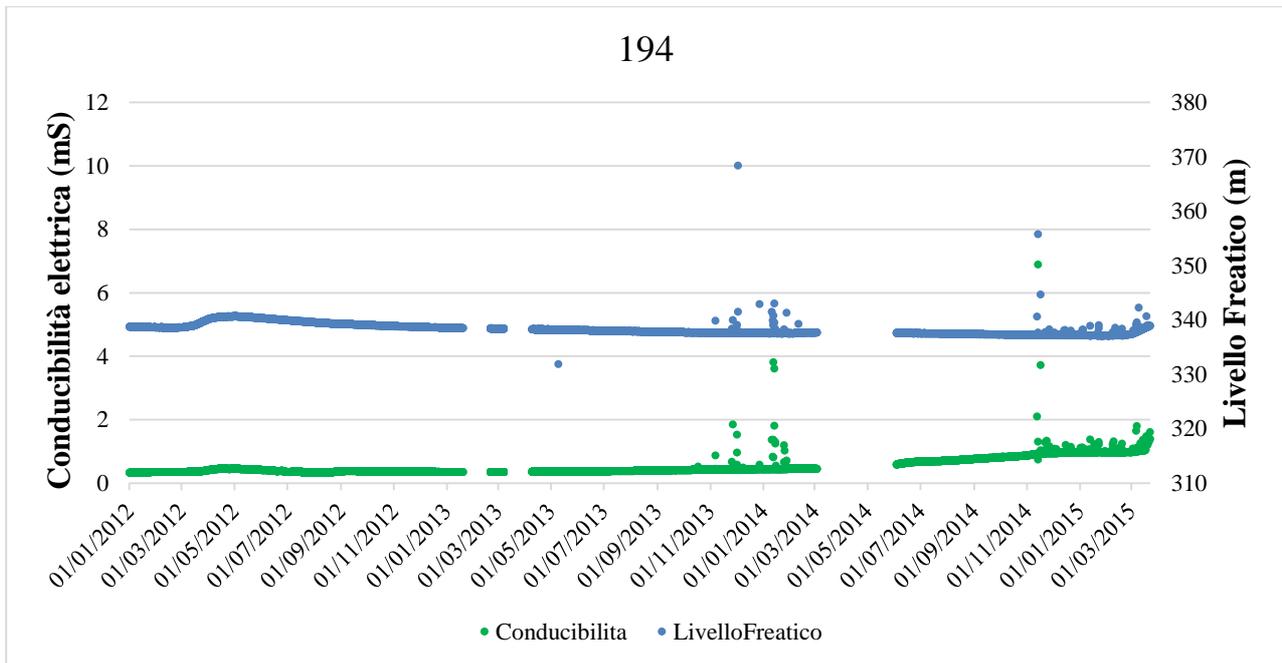


Figura 4.19 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito 194 località Chiamonte Gulfi

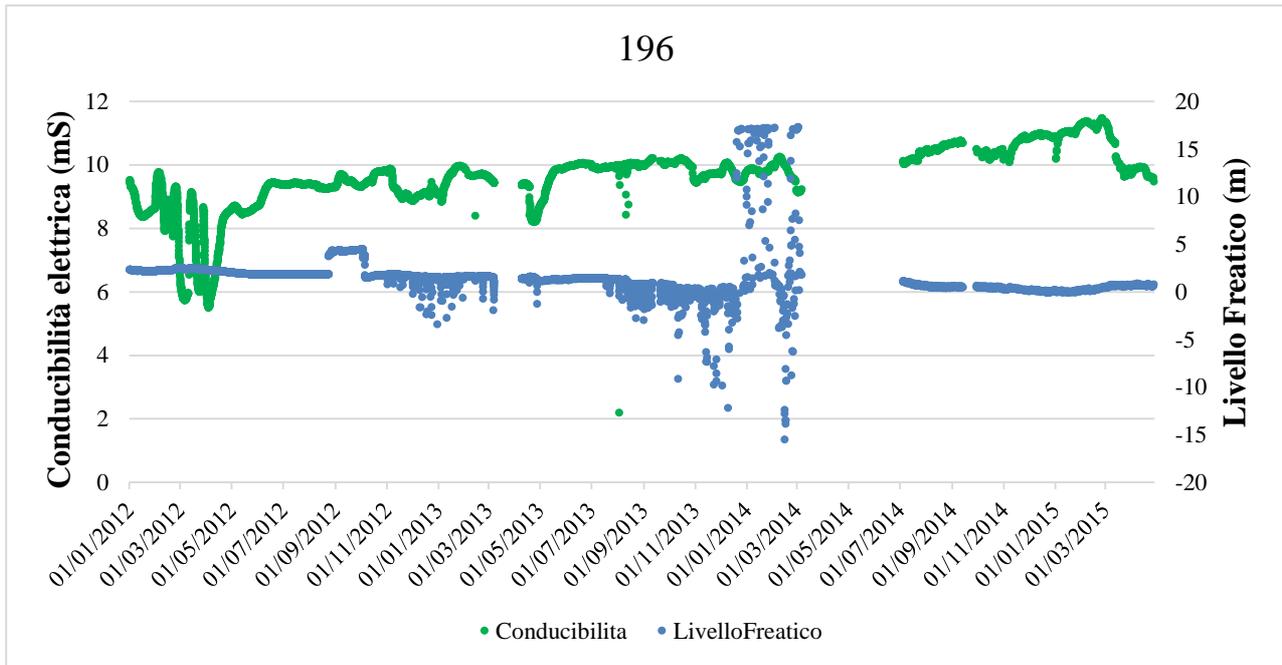


Figura 4.20 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito 196 località Ispica S.M. del Focallo

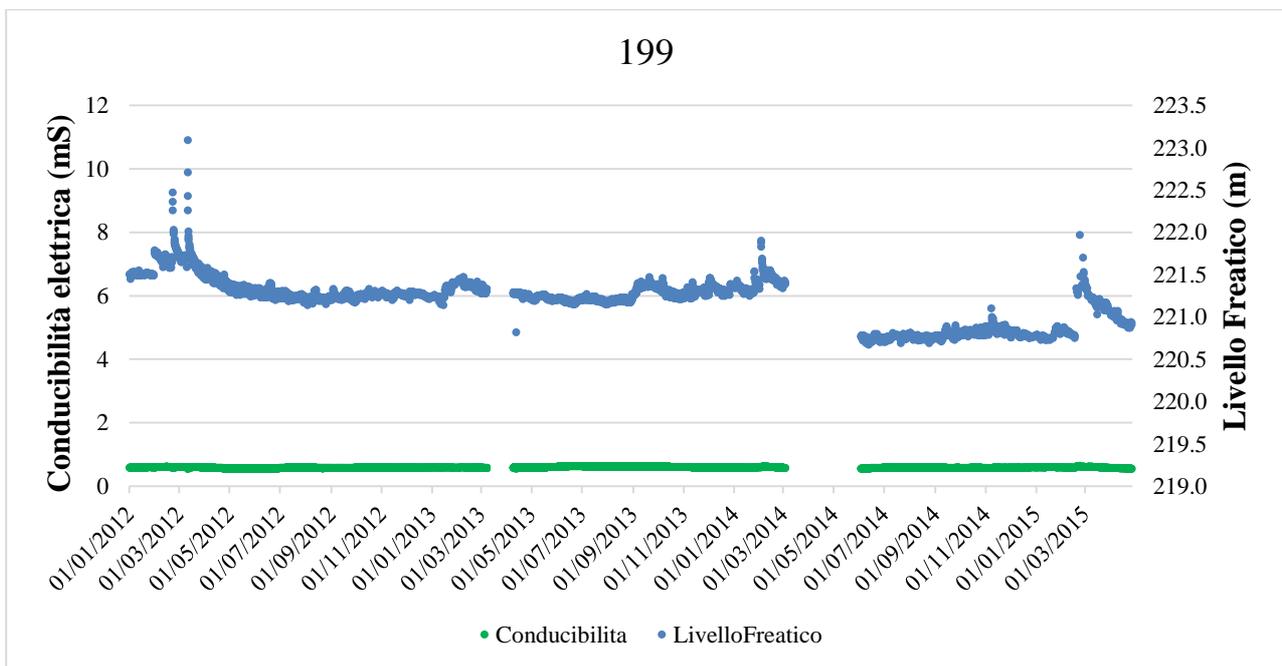


Figura 4.21 Andamento della falda superficiale dal piano campagna, della conducibilità elettrica nel sito 199 località Ragusa

5. LA RETE DI MONITORAGGIO DEGLI ACQUIFERI DEL TERRITORIO IBLEO PREVISTA DAL PROGETTO

5.1 La nuova rete: caratteristiche dei siti prescelti e realizzazione delle infrastrutture

Nell'ambito dell'intervento, al fine di analizzare i fenomeni di degrado a carico degli acquiferi più significativi del territorio ibleo, sono state previste stazioni di monitoraggio mediante la realizzazione di 10 nuovi sondaggi ambientali e l'utilizzo di 3 sondaggi ambientali esistenti di proprietà rispettivamente del Comune di Ragusa (pozzo n. 8), del comune di Santa Croce Camerina (pozzo n. 11) e del Comune di Comiso (pozzo n. 3), che integreranno l'esistente rete già gestita dalla Provincia di Ragusa.

L'area interessata dall'intervento, come evidenziato nella Figura 5.1, è quella del territorio della Provincia di Ragusa compresa tra il bacino del F. Acate e i bacini minori fra Scicli e Capo Passero. Tale zona, sulla base di recenti studi, è quella maggiormente interessata dai fenomeni di degrado a carico degli acquiferi sotterranei. All'interno di tale area ricade il bacino del F. Irminio di particolare interesse ai fini dell'intervento.

La rete di monitoraggio sarà, nel complesso, costituita da 24 stazioni, la cui distribuzione è così articolata:

- 10 stazioni su altrettanti nuovi sondaggi ambientali da realizzare;
- 3 stazioni su sondaggi ambientali già esistenti;
- 7 stazioni esistenti ed in esercizio, realizzate con un precedente progetto della Provincia Regionale di Ragusa;
- 4 stazioni esistenti ed in esercizio, realizzate nell'ambito del progetto Mo.Ri.So.

La scelta dell'ubicazione dei nuovi sondaggi, indicata in Figura 4.1, è ricaduta nella quasi totalità dei casi, sulle aree limitrofe delle Case Cantoniere di proprietà della Provincia stessa; laddove non è stato tecnicamente possibile sono state scelte aree diverse ma sempre di proprietà dell'Ente al fine di raggiungere una più completa fruizione delle stesse nella fase di avvio e nell'esercizio non dovendo sottoscrivere convenzioni con soggetti diversi nella qualità di proprietà dei fondi dove insisteranno le opere.

L'ubicazione dei sondaggi ha interessato abbastanza omogeneamente l'areale descritto, con riferimento anche alle fasce costiere nelle quali verrà anche valutato il fenomeno di intrusione salina a seguito dell'eccessivo abbassamento del livello di falda.

La scelta delle aree di sondaggio, nella quali verranno realizzati i suddetti sondaggi ambientali, è stata effettuata sulla base di indagini geologiche ed idrogeologiche disponibili per il territorio ibleo. In particolare, lo studio degli acquiferi consentirà, attraverso le realizzazioni in progetto, di individuarne

la modifica dei livelli idrici delle falde intercettate e di valutare e modellare il grado di diffusione degli inquinanti.

In appendice 1 si allegano le planimetrie dei nuovi sondaggi da realizzare, nonché dei sondaggi già esistenti da attrezzare.

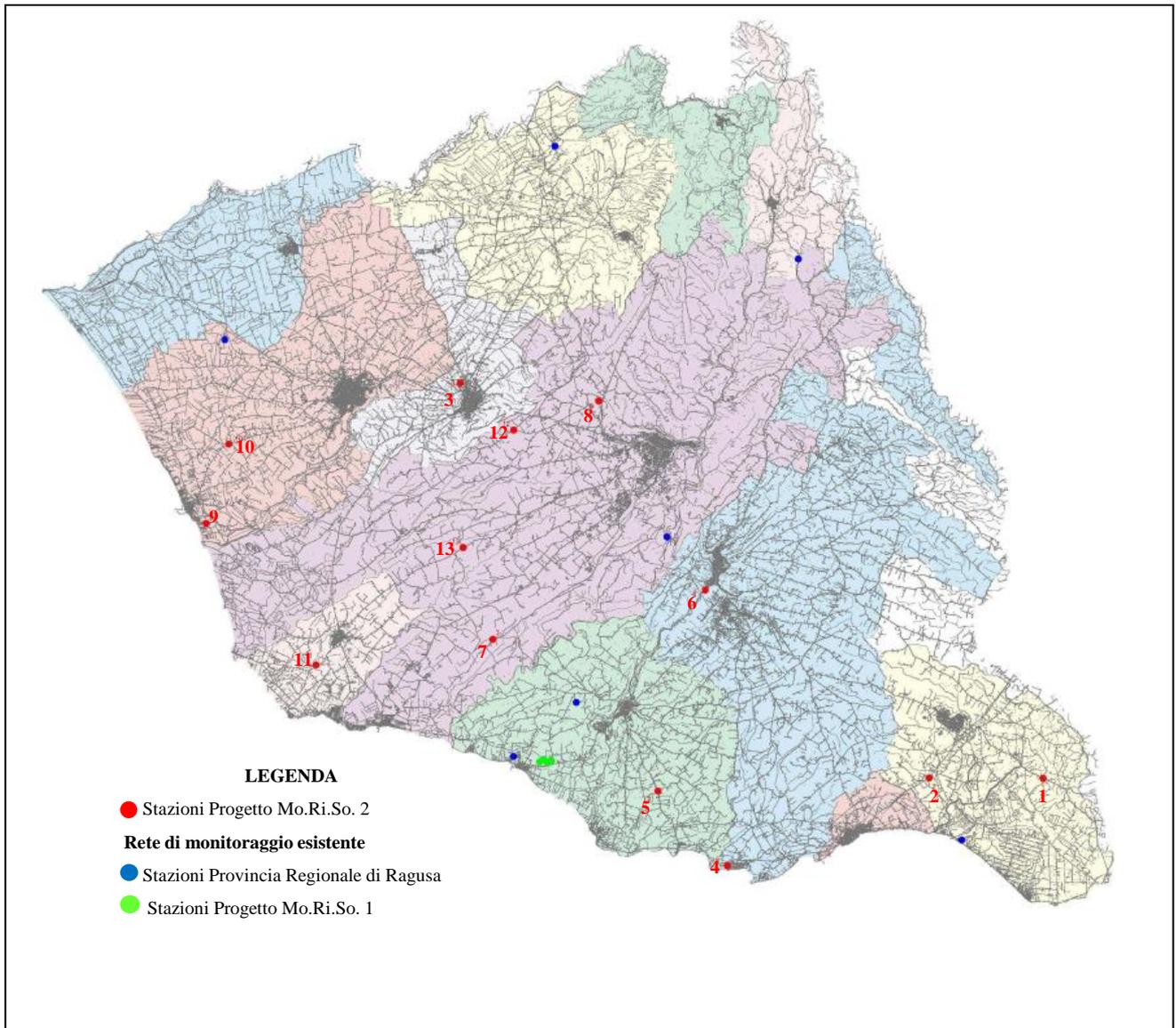


Figura 5.1 - Individuazione dell'area di interesse ai fini della realizzazione della rete di monitoraggio ed indicazione dell'ubicazione dei sondaggi ambientali previsti in progetto.

5.3 Configurazione del sistema di rilevazione, raccolta ed elaborazione dati e interfaccia con la rete esistente

Nella scelta del sistema di configurazione della nuova rete di monitoraggio degli acquiferi più significativi del territorio ibleo, le caratteristiche che si sono privilegiate sono state robustezza, bassi costi di esercizio, manutenzione semplificata e facile estendibilità.

La nuova rete renderà inoltre facilmente fruibile, all'Utenza interessata, i dati rilevati, senza richiedere l'impiego di alcun hardware/software che non sia normalmente presente nelle attrezzature informatiche.

Il sistema che consentirà di raggiungere questo obiettivo è costituito da unità aventi funzioni specifiche e interoperanti tra loro; queste sono descritte di seguito.

Unità di rilevazioni dati

Per il potenziamento della rete di monitoraggio degli acquiferi più significativi del territorio ibleo, verranno realizzate perforazioni attrezzate con sonde multiparametriche per la rilevazione in continuo dei seguenti parametri chimico-fisici: livello di falda, temperatura, conducibilità elettrica, pH, Redox, ossigeno disciolto e ione nitrato.

Al fine di evitare errori nella rilevazione del dato, i sensori delle sonde fisse verranno tarati mediante il confronto con valori dei medesimi parametri ricavati mediante prelievo e analisi di laboratorio di campioni o mediante misure dei parametri eseguite in situ con una sonda portatile con caratteristiche analoghe alla sonda fissa, tra cui la memorizzazione dei dati registrati. L'operazione di taratura verrà svolta all'inizio del periodo di rilevazione e con frequenza bimestrale durante l'intera durata del progetto. La sonda portatile, oltre che per la taratura delle sonde fisse, verrà utilizzata ogniqualvolta il sistema di sonde inserite nelle perforazioni fornisca valori che sono fuori dai range accettabili. L'utilizzo della sonda portatile consentirà di evidenziare subito eventuali malfunzionamenti delle sonde fisse dovuti a mutate condizioni fisiche e/o ambientali, nonché di tarare immediatamente lo strumento in modo tale da evitare di registrare dati errati che renderebbero impossibile la corretta interpretazione dei fenomeni in corso.

Nella figure seguenti si riportano le principali fasi di realizzazione nonché i principali componenti dei sondaggi attrezzati: trivellazione per la realizzazione del pozzo incamiciato (Figura 5.2), gabbiotto in orso-grill su basamento in calcestruzzo (Figura 5.3), la sonda multiparametrica (Figura 5.4), quadro a tenuta contenente centralina raccolta dati (datalogger), trasmettitore gprs, carica batteria e batteria, pannello fotovoltaico per l'approvvigionamento energetico (Figura 5.5).



Figura 5.2 – Fase di realizzazione del sondaggio



Figura 5.3 – Gabbio in orso-grill



Figura 5.4 – Sonda multiparametrica



Figura 5.5 – Quadro a tenuta

Unità di trasmissione dati (U.T.D.)

L'unità di trasmissione dati risiede, distribuito, sia nell'elettronica della sonda multiparametrica che nel quadro elettronico a corredo di ciascuna stazione di monitoraggio. I dati rilevati dalle sonde multiparametriche fisse verranno inviati al datalogger e da qui verranno inviati secondo uno schema temporale regolabile, ad un centro di raccolta descritto di seguito e riportato nella Figura 5.2).

Unità di raccolta dati (U.R.D.)

L'unità di raccolta dati è costituita dal datalogger che provvederà alla memorizzazione in un'opportuna area di memoria (Figura 5.2). Le principali operazioni svolte da questa unità sono:

- lettura dei messaggi ricevuti dalle stazioni;
- spaccettamento e controllo della correttezza formale dei messaggi ricevuti;
- validazione dei dati contenuti nel messaggio in relazione alla realtà fisica da essi quantificata;
- memorizzazione, su apposita base di dati sviluppata su software Open Source (Mysql)

Unità di divulgazione dati (U.D.D.)

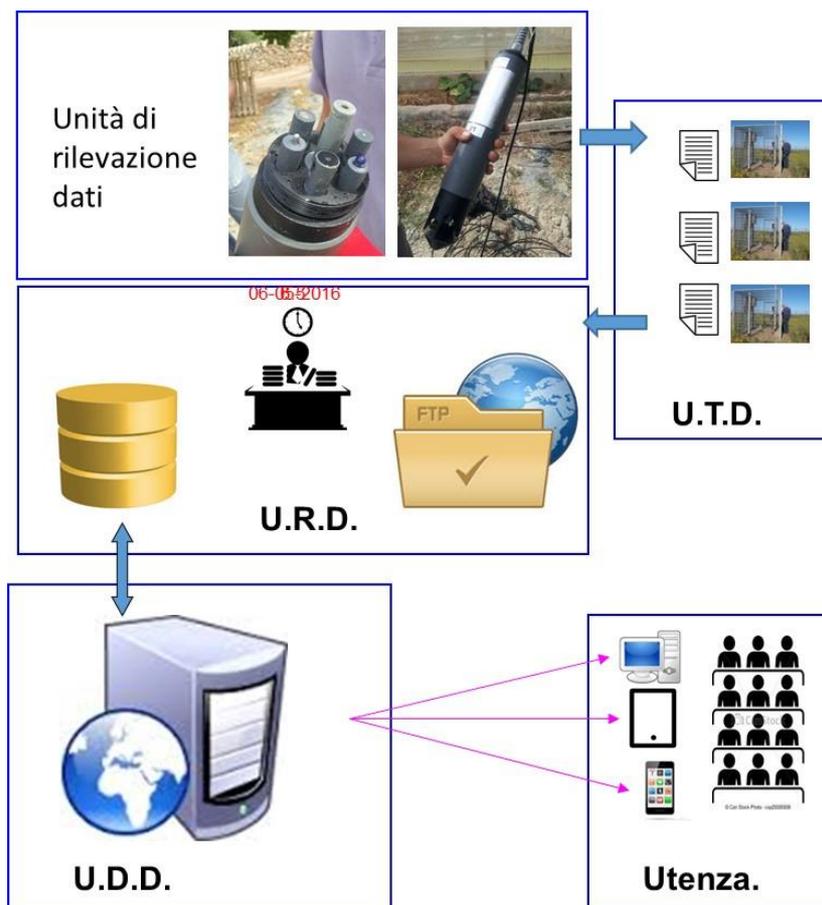
Questa unità si occupa della pubblicazione dei dati memorizzati. Il sistema in particolare, organizza e struttura i dati provenienti dall'U.R.D. in maniera più agevole per gli schemi di pensiero dell'uomo;

inoltre attraverso un'apposita interfaccia WEB, rende fruibili i dati richiesti dall'Utenza e regola l'accesso degli Utenti ai dati, permettendo inoltre di pubblicare altre informazioni d'interesse per la finalità del progetto (vedi capitolo 9).

Funzionamento in campo

Le unità descritte opereranno come descritto di seguito (Figura 5.6):

1. la sonda rileva, attraverso i suoi elettrodi, in maniera continua i valori dei previsti parametri;
2. un sistema, detto datalogger, interroga la sonda rilevandone i dati e memorizzandoli in un'opportuna sua area di memoria;
3. secondo una prefissata periodicità, il datalogger compone i dati letti presenti in memoria in un messaggio con caratteristiche di formattazione ben precise;
4. mediante una connessione gprs (il messaggio viene inviato ad un preciso spazio dell'U.R.D. detta area FTP



5.6 Unità principali di cui è costituita la rete di monitoraggio nel territorio ibleo

Integrazione con la rete esistente

L'integrazione tra la nuova rete e quella esistente avverrà in maniera automatica: la nuova stazione di monitoraggio sarà aggiunta e integrata nel software per avere, immediatamente, fruibili i dati. Questo è possibile in quanto le nuove apparecchiature scelte per l'integrazione della rete sono della stessa tipologia di quelle esistenti. Inoltre la tipologia della rete esistente nonché dei materiali impiegati già sperimentati in altro progetto ha dimostrato caratteristiche di grande robustezza ed affidabilità.

6. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA DELLE AREE IN STUDIO

6.1 Premessa

Il presente studio geologico e idrogeologico preliminare, effettuato nell'ambito del progetto "Potenziamento della rete tecnologica per il monitoraggio delle risorse idriche sotterranee al servizio delle imprese nella Provincia di Ragusa (MORISO 2)", interessa un'area di studio che comprende l'intero territorio provinciale di Ragusa, ricadente all'interno delle sezioni (scala 1:10.000) della Carta Tecnica Regionale (CTR) della Regione Sicilia n° 644080, 644100, 644110, 644120, 644130, 644140, 644150, 644160, 645050, 645060, 645090, 645100, 645110, 645130, 645140, 645150, 647010, 647020, 647030, 647040, 647050, 647060, 647070, 647080, 647100, 647110, 647120, 647140, 647150, 647160, 648010, 648020, 648030, 648050, 648060, 648070, 648080, 648090, 648100, 648110, 648120, 648130, 648140, 648150, 648160, 650020, 650030, 650040, 650080, 651010, 651020, 651030, 651040, 651050, 651060, 651070, 651080, 652050 (Fig. 6.1).

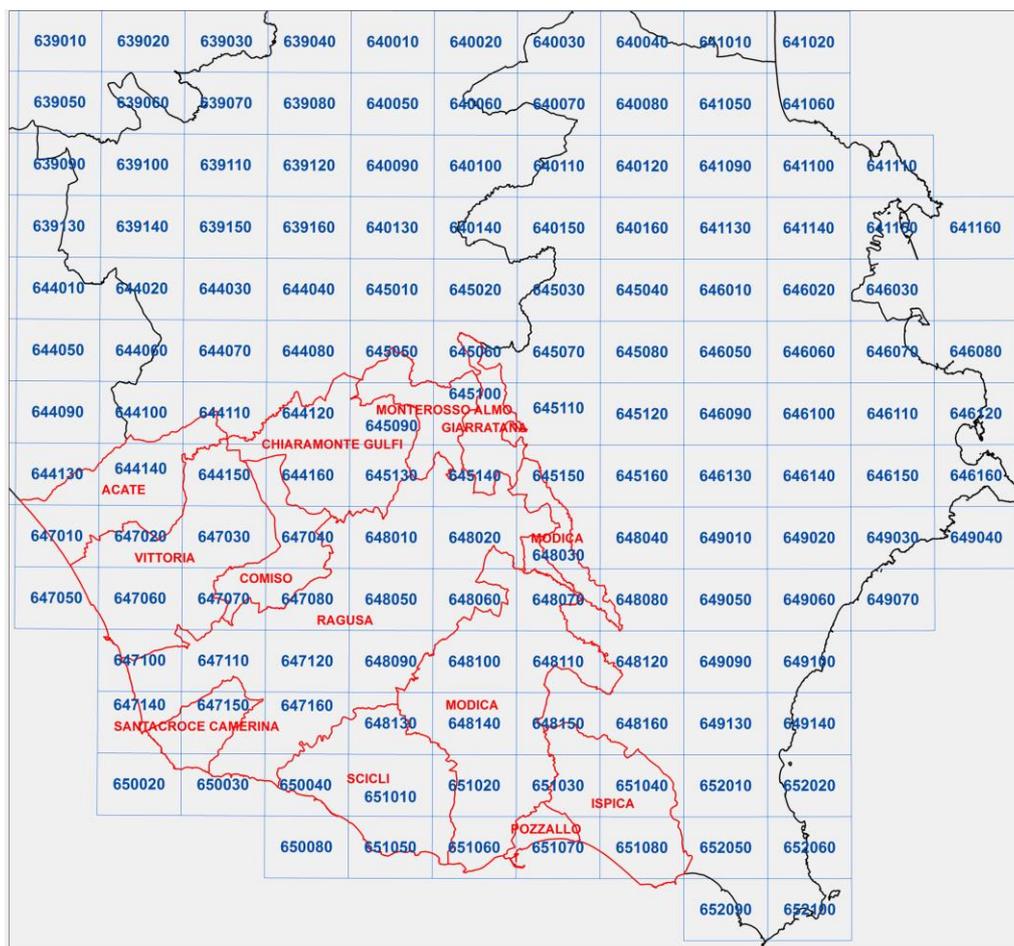


Figura 6.1 Ubicazione dell'area di studio nel quadro di unione delle sezioni della CTR della Regione Sicilia

Lo studio è finalizzato alla definizione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, geomorfologici e idrogeologici, individuando gli acquiferi presenti, valutando la modalità di circolazione e la direzione di deflusso idrica sotterranea.

Il programma di lavoro dello studio effettuato ha previsto il seguente iter:

- analisi della letteratura esistente, da fonti bibliografiche e cartografiche, riguardanti l'area di studio da un punto di vista geologico e idrogeologico;
- analisi morfostrutturale del territorio in esame mediante il metodo aerofotogrammetrico per la caratterizzazione geomorfologica dell'area, e per l'identificazione delle strutture tettoniche presenti;
- ricostruzione del modello geologico per la definizione dei caratteri litostratigrafici e idrogeologici delle successioni affioranti e presenti nel sottosuolo, per ricostruire i rapporti stratigrafici tra le varie unità presenti nella zona e le loro relazioni con le associazioni strutturali riconosciute;
- analisi geologico-strutturali localizzate lungo i principali lineamenti tettonici dell'area di studio, al fine di determinate alla mesoscala le famiglie di discontinuità e le loro relazioni con la modalità di circolazione idrica sotterranea.

6.2 Inquadramento geologico-strutturale

L'area in esame ricade nella Sicilia sud-orientale, nella porzione sud occidentale dei Monti Iblei. I Monti Iblei costituiscono la parte emersa del Blocco Pelagiano (Burollet et al., 1978), la propaggine più settentrionale della placca litosferica africana che si estende al di là del limite geografico dell'Africa, comprendendo tutte le aree sommerse del Canale di Sicilia, Lampedusa, le isole maltesi e parte della costa meridionale della Sicilia. Questo si è originato come dominio strutturale di avampaese a partire dal Cretaceo superiore, durante i processi orogenici indotti dalla convergenza Africa-Europa. In questo quadro regionale, i Monti Iblei si differenziano dal resto degli elementi orografici siciliani per la storia evolutiva sia geologica che morfologica, in quanto estranei alla deformazione orogenetica che ha controllato lo sviluppo di tutti gli altri rilievi montuosi della Sicilia. Essi rappresentano, infatti, un rilievo isolato separato dagli altri elementi orografici della Sicilia da una zona depressa, nota nella letteratura geologica come Avanfossa di Gela (Lentini & Vezzani,

1978), che comprende la Piana di Vittoria a sud-ovest e la Piana di Catania a nord-est (Fig. 6.2). L'Avanfossa di Gela costituisce un elemento strutturale di prim'ordine, rappresentando il confine tra le aree del margine indeformato della placca africana ed il fronte della Catena Appenninico-Maghrebide (Lentini et al., 1994), la fascia orogenica che si estende con continuità dalla catena montuosa del Maghreb, in Africa settentrionale, ai rilievi appenninici della penisola italiana.

I profili geologici attraverso la Sicilia orientale (Bianchi et al., 1987; Lentini et al., 2000) mostrano che l'area dei Monti Iblei costituisce un settore sollevato ed inarcato della crosta continentale africana, caratterizzata da uno spessore di circa 30 km, che verso nord-ovest tende ad assottigliarsi e a flettersi formando l'Avanfossa Gela-Catania, proseguendo in sottosuolo ancora più a nord, al di sotto delle unità caotiche della Catena Appenninico-Maghrebide.

I Monti Iblei sono rappresentati da un vasto altopiano calcareo, che si estende, con un'apparente monotonia, in direzione NE-SO, comprendendo le aree del ragusano-modicano (Dominio di Ragusa, Fig. 6.2) e i rilievi dei Monti di Avola-Noto e dei Climiti (Dominio di Siracusa, Fig. 6.2).

Dal punto di vista strutturale vengono distinti due settori caratterizzati da differenti direttrici tettoniche: nel settore ionico, l'altopiano siracusano è frammentato in elementi separati da depressioni morfologiche di origine tettonica (es. Bacino di Augusta-Siracusa; Bacino di Floridia; Fig. 6.2) orientate NO-SE. Nel settore occidentale, dove ricade l'area di studio (Fig. 6.2), l'altopiano ragusano rappresenta un alto strutturale delimitato a est dalla "Linea del Tellaro", una zona di taglio sinistra orientata NO-SE (Romagnoli et al., 2015), a sud est dal sistema di faglie normali di Pozzallo-Ispica-Rosolini (Catalano et al., 2010), orientato NE-SO, che separa l'altopiano dalla depressione tettonica di Ispica-Pachino, e a ovest dal sistema di faglie normali destre di Comiso-Chiaramonte, orientato NE-SO, che lo separa dalla depressione della Piana di Vittoria. L'altopiano ragusano è inoltre interessato da una zona di taglio principale pleistocenica, la cosiddetta "Linea di Scicli", orientata circa N-S che si estende dalla costa meridionale del Canale di Sicilia al margine nord-occidentale ibleo (Catalano et al., 2008). Nella sua porzione meridionale si sviluppa un basso strutturale, il Graben di Marina di Ragusa, orientato circa NE-SO (Fig. 6.2). Tali lineamenti tettonici mostrano indizi di evoluzione polifasica.

L'uniformità morfologica della regione iblea è stata acquisita in età relativamente recente, mediante la completa cancellazione di una precedente paleogeografia che ha controllato la deposizione delle serie stratigrafiche che costituiscono l'altopiano nel dominio siracusano e ragusano, profondamente diverse tra loro (Grasso et al., 1979; Lentini et al., 1987). Nel settore occidentale dell'Avampese Ibleo il Dominio Ragusano, che si estende da Vizzini a Ragusa e, verso sud, lungo la costa del Canale di Sicilia da S. Croce Camerina fino a Noto (Fig. 6.2), è caratterizzato da una successione pelagica

calcarea e calcareo-marnosa, all'interno della quale sono frequenti livelli terrigeni, anche grossolani, alimentati dalle aree del settore orientale adiacente appartenenti alla successione del Dominio Siracusano. Quest'ultimo è invece costituito da una successione prevalentemente carbonatica, con associazioni di litofacies di mare poco profondo, e spesso lacunosa, notevolmente influenzata dallo sviluppo di prodotti vulcanici (Lentini et al., 1987) (Fig. 6.2 e 6.3).

La successione occidentale del Dominio Ragusano, che caratterizza l'area di studio (Fig. 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5), inizia con un'alternanza di marne grigio-verdastre e calcari marnosi appartenenti alla Formazione Hybla del Cretaceo inferiore affioranti nei pressi di Licodia Eubea, rappresentando così l'orizzonte più antico della successione iblea esposto in superficie. Segue verso l'alto la Formazione Amerillo del Cretaceo sup.-Eocene medio formata da calcilutiti biancastre con lenti e noduli di selce ai quali, al passaggio Cretaceo-Paleocene, si intercalano livelli a breccie e slumps (Lentini et al., 1987) (Fig. 6.3 e 6.4). Secondo Rigo & Barbieri (1959), i livelli brecciati costituirebbero già la base della sovrastante Formazione Ragusa, mentre secondo (Lentini et al., 1987) il limite superiore della Formazione Amerillo è dato da una discontinuità stratigrafica marcata da un *hardground* centimetrico (Grasso et al., 2000), posta al tetto dei livelli di pelagici dell'Eocene medio (Fig. 6.4 e 6.5). Di conseguenza alla Formazione Ragusa (Rigo & Barbieri, 1959) andrebbero attribuiti i soli livelli dell'Oligocene superiore-Miocene medio posti al tetto della superficie di discontinuità, a testimonianza di un brusco passaggio da sedimenti pelagici a sedimenti terrigeni.

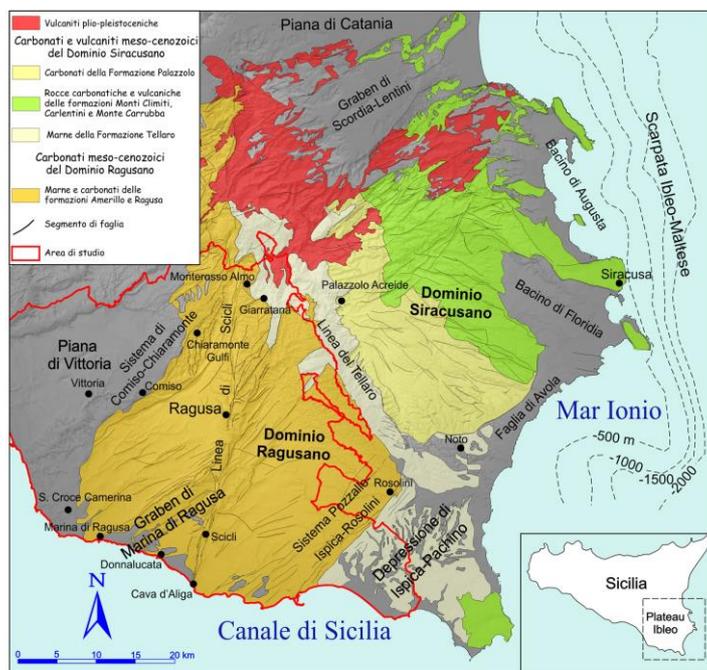


Figura 6.2 Schema geologico-strutturale del Plateau Ibleo (da Romagnoli et al., 2015 mod.) e ubicazione dell'area di studio.

La Formazione Ragusa è stata suddivisa, al suo interno, in due membri: il Membro Leonardo, in basso, costituito da un'alternanza di calcilutiti e marne dell'Oligocene superiore, e il Membro Irminio, in alto, costituito da un'alternanza di calcareniti e calcari marnosi del Miocene inferiore (Fig. 6.3 e 6.4).

La Formazione Ragusa affiorante in tutto l'altopiano ragusano, tra il Fiume Tellaro a est e il Fiume Ippari a ovest, passa gradualmente verso l'alto alle marne emipelagiche della Formazione Tellaro (Rigo & Barbieri, 1959) del Miocene medio-superiore. Queste sono oggi conservate all'interno delle tre principali depressioni tettoniche che frammentano l'altopiano ragusano, quali il Graben di Marina di Ragusa, la Piana di Vittoria e la depressione di Ispica-Pachino, e al tetto presentano un orizzonte sommitale caratterizzato da un'alternanza calcareo-marnosa attribuita al Messiniano, con rare lenti di gesso (Di Grande & Romeo, 1981) (Fig. 6.4 e 6.5).

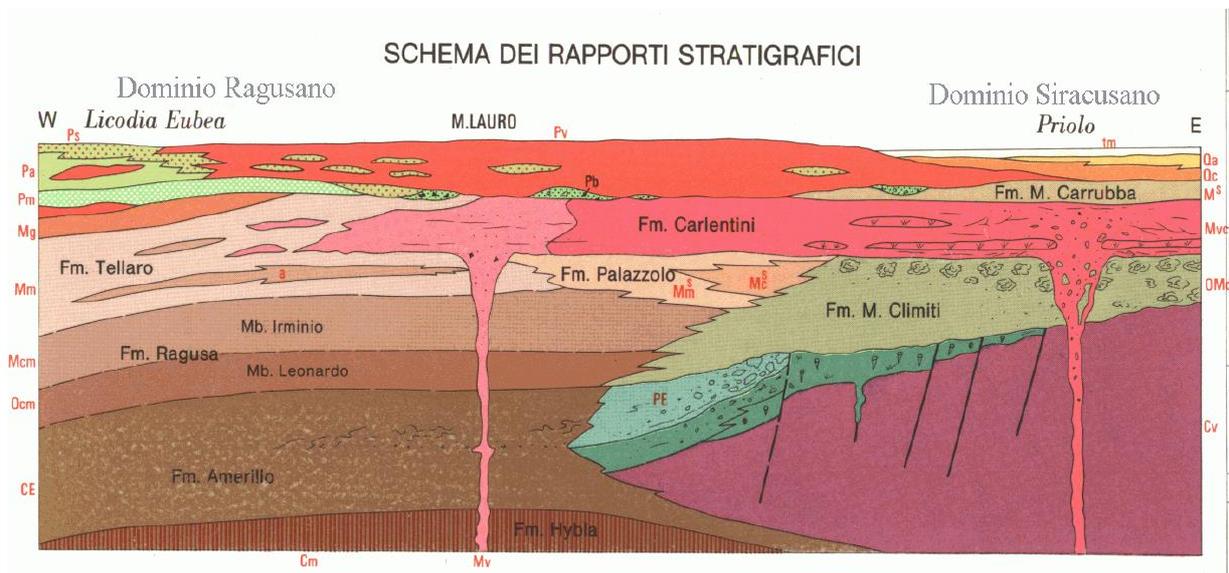


Figura 6.3 Schema della distribuzione delle facies cretaceo-quadernarie lungo l'allineamento Licodia Eubea - Priolo (da Lentini et al., 1987)

I depositi plio-quadernari sono costituiti da calcari marnosi (Trubi) del Pliocene inferiore, e dalle calcareniti del Pleistocene inferiore, che si sviluppano in corrispondenza delle tre depressioni strutturali principali (Fig. 6.5). Nel Graben di Marina di Ragusa affiorano in lembi. Nella depressione di Ispica-Pachino i termini pliocenici oltre ai Trubi sono rappresentati livelli di breccie calcaree e sabbie del Pliocene. Nella Piana di Vittoria le Calcareniti del Pleistocene inferiore, nell'alta valle del Fiume Ippari, passano verso l'alto a depositi marini-continentali costituiti da sabbie, calcari marnosi, silts e travertini, mentre verso ovest lungo la valle del Fiume Acate o Dirillo, dove l'avampaese si

flette al di sotto del fronte della catena, notevoli spessori (>500 m) di argille del Pleistocene inferiore, passanti verso l'alto a silt e sabbie sono stati attraversati dai pozzi per la ricerca di idrocarburi (Grasso 1999).

Infine i depositi tardo quaternari (calcareniti e sabbie) sono correlabili con diversi ordini di terrazzi marini presenti in lembi lungo la fascia costiera, mentre nella Piana di Vittoria ricoprono estesamente i depositi del pleistocene inferiore (Fig. 6.5).

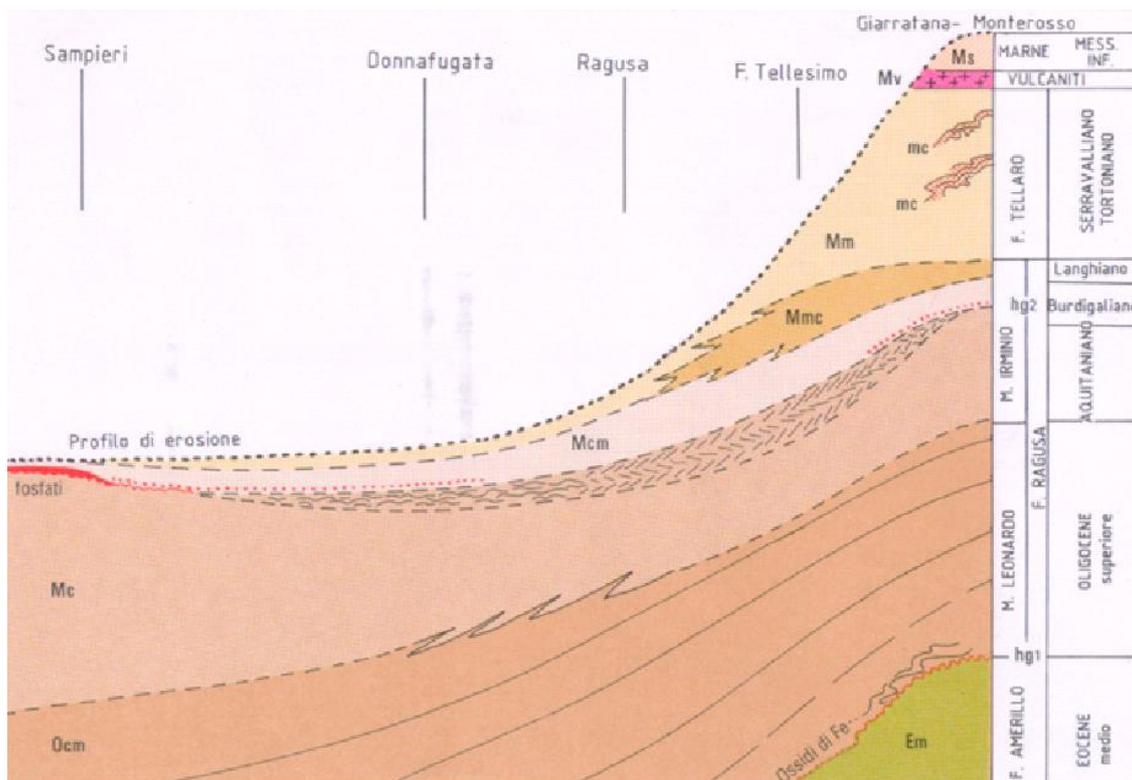


Figura 6.4 Schema regionale mostrante i rapporti stratigrafici e le variazioni laterali di facies tra le varie unità prevalentemente carbonatiche eoceniche e mioceniche del settore occidentale del Plateau Ibleo: Em - Formazione Amerillo (Eocene medio); hg₁ - hardground (Eocene medio); Ocm - Membro Leonardo della Formazione Ragusa (Oligocene sup.); Mc - livello a banchi calcarenitici della parte inferiore del Membro Irminio della Formazione Ragusa (Aquitano-Burdigaliano inf.); hg₂ - hardground fosfatifero (Burdigaliano sup.); Mcm - alternanza di calcareniti e calcari marnosi della parte mediana del Membro Irminio della Formazione Ragusa (Burdigaliano sup.-Langhiano inf.); Mmc - alternanza di marne e calcari marnosi della parte apicale del Membro Irminio della Formazione Ragusa (Langhiano); Mm - marne della Formazione Tellaro con intercalazioni di alternanze calcareo-marnose (mc) (Serravalliano-Tortoniano sup.); Mv - vulcanoclastiti, pillow

breccia e colate laviche intercalate ai livelli apicali delle marne (Tortoniano sup.); alternanza calcareo-marnosa della parte superiore della Formazione Tellaro (Messiniano inf.); (da Grasso, 1997 e Grasso et al., 2000, modificato)

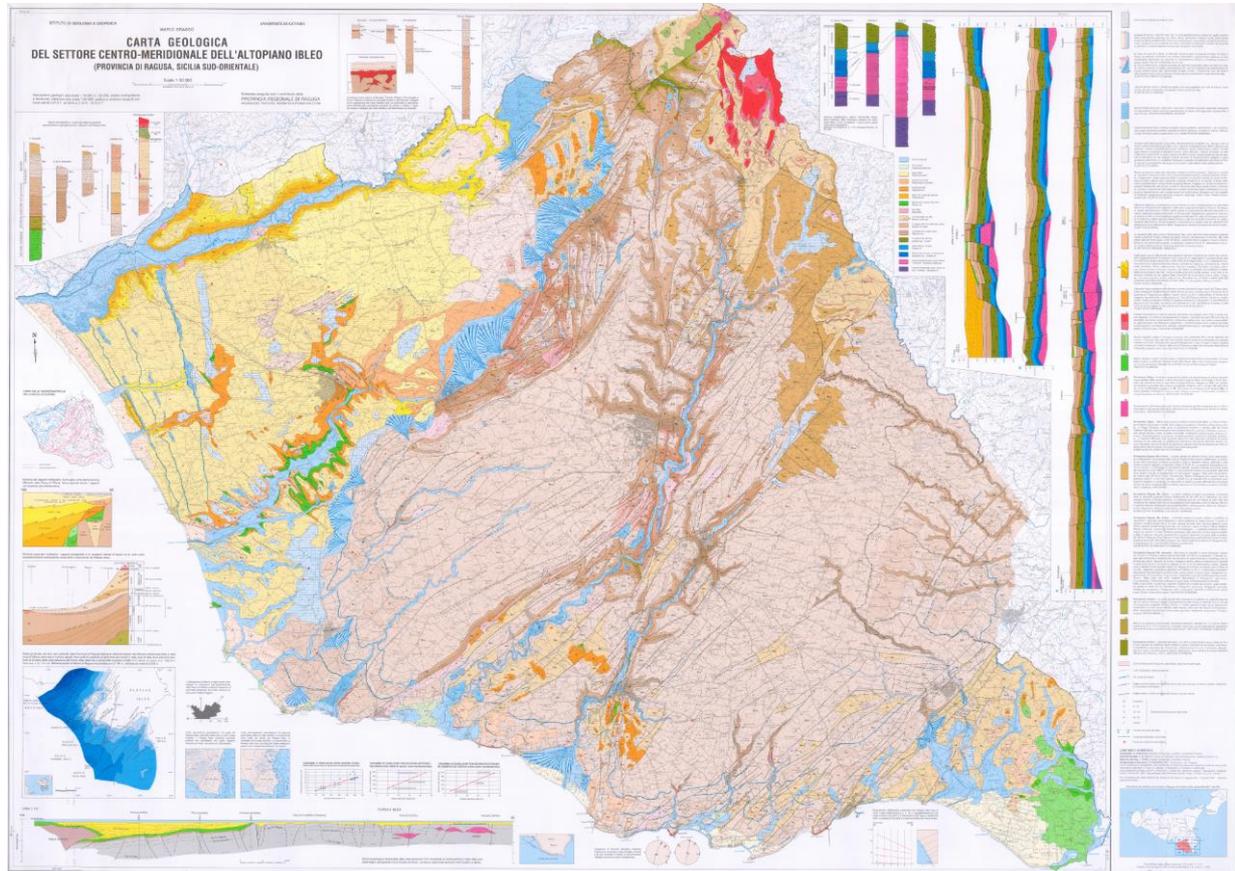


Figura 6.5 Carta geologica del settore centro-meridionale dell’altopiano ibleo (Provincia di Ragusa, Sicilia sud-orientale) (Grasso 1999)

6.3 Caratteristiche geomorfologiche

I Monti Iblei, sono caratterizzati da un paesaggio peculiare, largamente rappresentato da un vasto altopiano (Plateau Ibleo) inciso da profonde forre fluviali (“cave”) (Fig. 6.6), sviluppatosi nel corso di una prolungata evoluzione policiclica, iniziata a partire dal Messiniano, durante le prime fasi di emersione dell’area (Catalano et al., 2007).

L’elemento morfologico più antico è rappresentato da un’ampia superficie d’erosione che si riconosce estesamente alla sommità del rilievo dell’altopiano, di seguito indicata come superficie sommitale, originatasi durante un prolungato periodo di stabilità del livello di base. L’abbandono della superficie coincide con l’inizio di un periodo di sollevamento tettonico ancora attivo, da imputare al sollevamento regionale che interessa tutta la Sicilia orientale, il quale ha prodotto la formazione, nelle

aree costiere del Plateau, di diversi ordini di terrazzi marini, rappresentati sia da superfici d'abrasione che da depositi neritici (calcareniti e sabbie). Anche il reticolo fluviale ha registrato questa evoluzione, in quanto si distingue una generazione più antica di corsi d'acqua caratterizzati da valli poco approfondite, con sezione trasversale ad "U" e fianchi debolmente inclinati, localmente sostituita da una generazione più recente, originatasi per sovraincisione di parte del reticolo della generazione precedente, e rappresentata da valli molto approfondite, generalmente con sezioni trasversali a fondo piatto (Catalano et al., 2007).

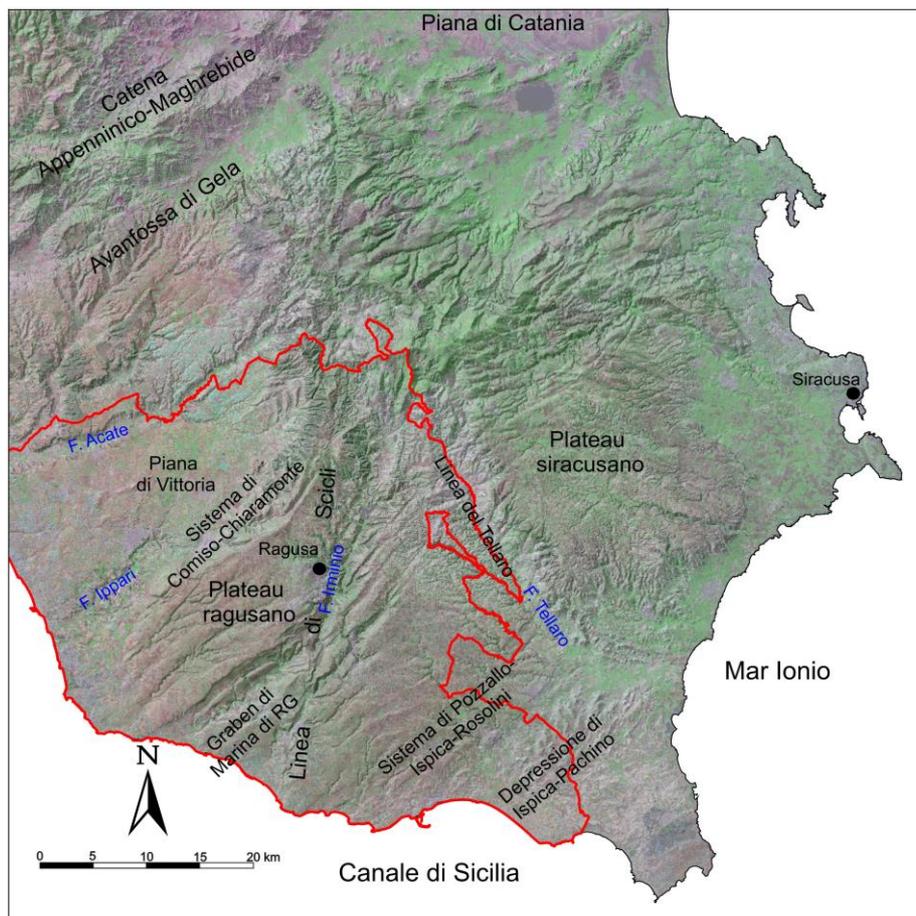


Figura 6.6 Immagine satellitare sovrapposta al Modello Digitale di Elevazione (DEM) del plateau ibleo (da Romagnoli 2010, mod.).

L'area di studio si sviluppa all'interno della provincia di Ragusa, estendendosi dal Fiume Acate, a ovest, al Fiume Tellaro, a est, lungo il tratto di costa compreso tra Scoglitti e Pozzallo (Fig. 6.5 e 6.6). Le caratteristiche morfologiche dell'area sono strettamente connesse all'assetto tettonico. L'alto strutturale ragusano è, infatti, costituito da un altopiano caratterizzato da una superficie sommitale immergente lievemente verso SE e verso SO dissecata da un profondo reticolo fluviale reinciso

(Catalano et al., 2008). Lungo i principali lineamenti tettonici si sviluppano scarpate di faglia che separano l'altopiano dalle tre depressioni morfostrutturali sopra descritte. In particolare, lungo il sistema di faglie orientato NE-SO di Pozzallo-Ispica-Rosolini (Fig. 6.6) scarpate rettilinee alte fino a 35 m delimitano la depressione di Ispica-Pachino (Fig. 6.7).



Figura 6.7 Scarpata rettilinea del segmento di faglia di Ispica.

Lungo la bassa valle del Fiume Irminio la gradinata di faglie che delimita il margine occidentale del Graben di Marina di Ragusa dà luogo a una scarpata orientata NE-SO (Fig. 6.6), interessata da piccole conoidi, e alla base del versante, da una falda di detrito (Fig. 6.8). In questo settore la superficie sommitale viene ribassata all'interno della depressione morfostrutturale e viene ricoperta da lembi di depositi calcarenitici sabbiosi che, raggiungendo la quota massima di circa 300 m s.l.m., sono stati attribuiti alla trasgressione marina del Pleistocene inferiore (1.5-1.2 Ma) (Pedley et al., 2001). A quote inferiori sono stati riconosciuti diversi ordini di terrazzi marini del Pleistocene medio-superiore, rappresentati da piattaforme d'abrasione e da depositi terrazzati a essi associati (Romagnoli 2010) (Fig. 6.8). Elementi morfologici più recenti, tardo pleistoceniche (<125 ka), sono rappresentate dalle conoidi alluvionali che si sono sviluppate nella pianura situata tra Donnalucata e Cava d'Aliga (Fig. 6.8). In particolare si distinguono tre conoidi: la principale alimentata dalla Fiumara di Modica, e le altre due alimentate invece dal sistema di drenaggio profondamente inciso nei pendii terrazzati e attraversati dalla Linea di Scicli poco più a est (Fig. 6.8). Terrazzi alluvionali sono presenti lungo la bassa valle del Fiume Irminio, mentre le alluvioni recenti si sviluppano lungo i due principali corsi

d'acqua. Infine spiagge attuali si estendono nell'area costiera tra Donnalucata e Cava d'Aliga (Fig. 6.8).

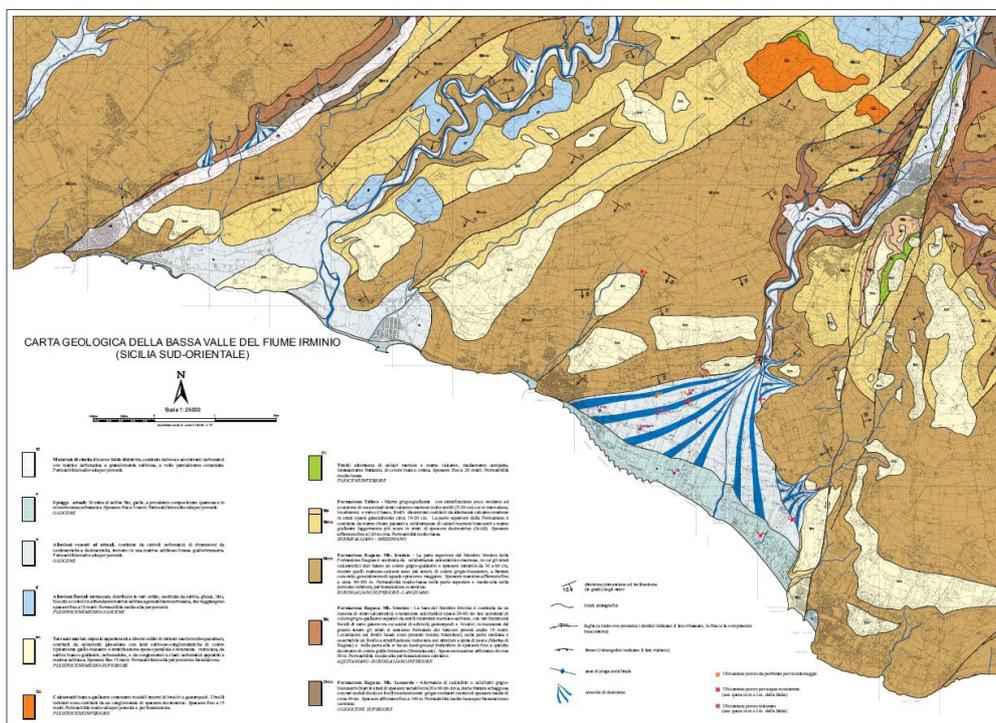


Figura 6.8 Carta geologica della bassa valle del Fiume Irmínio (Sicilia sud-orientale) (da Romagnoli & Tortorici, 2012 - Progetto MORISO).

Più a ovest il sistema di faglie Comiso-Chiaramonte, genera una scarpata principale che ribassa il Plateau Ibleo da un'altezza di circa 800-900 m fino ai 300 m della Piana di Vittoria (Fig. 6.6) (Monaco et al., 2003). Alla base della scarpata si sviluppano un insieme di conoidi alluvionali coalescenti, particolarmente estese nell'area compresa tra Comiso a SO e Chiaramonte Gulfi a NE. La Piana di Vittoria è caratterizzata da un pendio uniforme con deboli inclinazioni che dalla quota di circa 300 m s.l.m. si estende verso SO fino alla linea di costa (Fig. 6.6). L'ampia pianura modellata da diversi ordini di estese superfici marine terrazzate. è incisa da due principali corsi d'acqua, il Fiume Acate o Dirillo a NO, e il Fiume Ippari a SE (Fig. 6.6).

6.4 Modello idrogeologico

6.4.1 Caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche

Dall'analisi delle caratteristiche tettoniche, geologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche e idrogeologiche è possibile suddividere l'area di studio in quattro settori principali:

- 1) il settore dell'altopiano ragusano carbonatico;

- 2) il settore del Graben di Marina di Ragusa;
- 3) il settore della depressione di Ispica-Pachino;
- 4) il settore della Piana di Vittoria.

Sulla base dei dati raccolti nel corso dello studio geologico e idrogeologico effettuato per il progetto MORISO (Romagnoli & Tortorici, 2013) e dei dati di letteratura disponibili, vengono di seguito descritte le principali Unità litostratigrafiche a cui sono associati determinati gradi di permeabilità e caratteristiche idrogeologiche, che contraddistinguono ciascun settore.

Settore dell'altopiano ragusano carbonatico

Nell'altopiano ragusano affiorano principalmente terreni carbonatici. Lungo le profonde incisioni vallive sono esposte le unità più profonde. Nel dettaglio partendo dal basso verso l'alto si ha:

- *Formazione Amerillo* (Cretaceo superiore – Eocene). L'unità più bassa, alla base della successione litostratigrafica affiorante, è costituita da calcilutiti biancastre a frattura concoide, in strati di spessore decimetrico, contenenti liste e lenti di selce, separati da giunti marnosi, spessi complessivamente 150 m circa, intercalati da livelli a slumpings e da orizzonti di breccie carbonatiche. Affiorano lungo la valle del Fiume Amerillo, a NO di Monterosso Almo, e a Cozzo Streppenosa (Grasso et al., 2000) (Fig. 6.9). La permeabilità è media essendo connessa alla presenza di una rete di fratture di origine tettonica, più sviluppate in corrispondenza delle zone di taglio principali, e raramente per carsismo (Grasso et al., 2000; Ruggieri 2005).



Figura 6.9 Livello a slumping intercalato nelle calcilutiti con selce della Formazione Amerillo

- *Formazione Ragusa: Membro Leonardo* (Oligocene superiore). Alternanza di calcisiltiti e calcilutiti grigio-biancastri chiari, in strati di spessore variabile tra 20 e 60 cm circa, duri a frattura scheggiata con rari noduli di selce e livelli marnosi teneri grigio-verdastri in strati spessi in media 50 cm (Fig. 6.10). Affiorano in corrispondenza delle principali incisioni vallive dell'altopiano ragusano. Lo spessore affiorante massimo è di circa 100 m, mentre dati di sottosuolo indicano spessori variabili, anche oltre i 200 m (Grasso et al., 2000). A sud-ovest nella zona di Santa Croce Camerina (Fig. 6.2), la parte alta è costituita da un livello spesso circa 50 m di marne grigio-verdastre, attraversate dai sondaggi per la ricerca di idrocarburi S. Croce Camerina 001 e 002. La permeabilità è variabile da bassa a media in relazione allo spessore dei livelli marnosi e alle discontinuità tettoniche presenti, più sviluppate in corrispondenza delle zone di taglio principali, e raramente per carsismo (Grasso et al., 2000; Ruggieri 2005). I fenomeni carsici sono limitati in quanto per l'elevato tenore di residui insolubili, provenienti dalla dissoluzione dei livelli più marnosi, difficilmente allontanabili da parte delle acque sotterranee in circolazione, le discontinuità presenti nella roccia vengono intasate, contribuendo ad inibire lo sviluppo delle canalizzazioni carsiche (Ruggieri, 1977).



Figura 6.10 Contatto tra il Membro Leonardo e Irminio della Formazione Ragusa affiorante nei fronti di scavo della Cava di Contrada Tabuna, a SE di Ragusa. Nella parte superiore si contraddistingue un livello a banconi interessato da cavità prodotte dall'attività mineraria asfaltifera, relativo alla parte inferiore del Membro Irminio. La parte sottostante è costituita dai depositi del Membro Leonardo

- *Formazione Ragusa: Mb. Irminio - parte inferiore* (Aquitaniense - Burdigaliano inferiore). L'alternanza calcilutitica-marnosa del Membro Leonardo passa verso l'alto in concordanza e continuità a un insieme di strati calcarenitici o raramente calciruditici spessi 20-60 cm ben cementati di colore grigio-giallastro separati da sottili interstrati marnoso-sabbiosi, con rari frammenti di fossili di vario genere tra cui aculei di echinidi, gasteropodi e bivalvi. Spesso in mancanza del giunto tenero gli strati si uniscono formando dei banconi potenti anche 10 metri, che rappresentano un ottimo livello guida nei rilievi di campagna (Fig. 6.11). L'unità descritta rappresenta la parte inferiore del Membro Irminio della Formazione Ragusa e affiora lungo i principali corsi d'acqua dell'altopiano ragusano e in corrispondenza delle principali scarpate di faglia che delimitano le depressioni tettoniche. Presenta localmente nei livelli basali residui bituminosi, nella parte mediana un livello a stratificazione incrociata con strutture a spina di pesce (Marina di Ragusa) e infine nella parte alta un hardground fosfatifero di spessore fino a qualche decimetro di colore giallo-brunastro (Donnalucata) (Grasso et al., 2000). Lo spessore massimo affiorante è di circa 80 m. Le calcareniti presentano una permeabilità media di tipo primario per porosità, mentre nel complesso la permeabilità è medio-alta per fessurazione (Fig. 6.12) e, localmente, per carsismo (Fig. 13) (Aureli 1993).



Figura 6.11 Livello a banchi calcarenitici della parte inferiore del Mb. Irminio della F.ne Ragusa a nord di Ragusa



Figura 6.12 Intensa fratturazione tettonica nei depositi carbonatici della F.ne Ragusa, in prossimità della Linea di Scicli



Figura 6.13 Cavità carsiche nel livello a banchi calcarenitici della parte inferiore del Mb. Irminio della F.ne Ragusa in Contrada Tabuna (Ragusa)

- *Formazione Ragusa: Mb. Irminio- parte superiore* (Burdigaliano superiore – Langhiano). La parte superiore del Membro Irminio della Formazione Ragusa è costituita da un'alternanza calcarenitico-marnosa, in cui gli strati calcarenitici duri hanno un colore grigio-giallastro e spessore variabile da 30 a 60 cm, mentre quelli marnoso-calcarei sono più teneri, di colore grigio, a frattura concoide, generalmente di spessore uguale o maggiore (Fig. 6.14). Questa unità affiora in gran parte dell'altopiano ragusano, raggiungendo uno spessore massimo di circa 90-100 m. La permeabilità è medio-bassa nella parte superiore dove gli strati marnosi aumentano di spessore rispetto a quelli calcarenitici, e medio-alta nella porzione inferiore sia per il ridotto spessore degli strati marnosi, che soprattutto per fessurazione e localmente per carsismo.



Figura 6.14 Alternanza calcarenitico-marnosa relativa alla parte superiore del Mb. Irminio della F.ne Ragusa, nella cava di Contrada Tabuna (Ragusa)

- *Formazione Tellaro* (Serravalliano - Tortoniano). L'alternanza calcarenitico-marnosa del Mb. Irminio passa verso l'alto a marne grigio-giallastre, con stratificazione poco evidente ad eccezione di occasionali strati calcareo-marnosi molto sottili (5-20 cm), che costituiscono la Formazione Tellaro. Alle marne si intercalano, localmente e verso il basso, livelli discontinui costituiti da alternanze calcareo-marnose in strati spessi generalmente circa 10-20 cm. Nel complesso le marne della F.ne Tellaro presentano uno spessore massimo di circa 120 m. Dal punto di vista idrogeologico le marne hanno una permeabilità molto bassa.

Nella porzione settentrionale dell'altopiano ragusano, a est e a nord di Monterosso Almo, al tetto delle marne della Formazione Tellaro affiorano vulcaniti tortoniane e plioceniche, direttamente a contatto tra loro o separate da un livello di breccie plioceniche. Nel dettaglio si osservano:

- *Vulcaniti Mioceniche* (Tortoniano superiore). Si tratta di vulcanoclastiti, breccie a pillow e colate laviche submarine basiche con spessore massimo di circa 100 m, localmente argillificate per alterazione e di conseguenza caratterizzate da permeabilità medio-bassa.

- *Breccie* (Pliocene superiore). Breccie calcaree, sabbie e limi continentali si ritrovano in lenti spesse 15-20 m (Grasso, 1999). La permeabilità è media.

Vulcaniti Plioceniche (Pliocene superiore). Ialoclastiti, breccie vulcanoclastiche e breccie a pillow che passano verso l'alto a colate laviche tholeitiche subaeree. Permeabilità media per fessurazione.

Settore del Graben di Marina di Ragusa

Il settore del Graben di Marina di Ragusa rappresenta un basso strutturale i cui termini più profondi affioranti sono costituiti dai depositi carbonatici della Formazione Ragusa e marnosi della Formazione Tellaro, ricoperti da lembi di depositi plio-quadernari (Fig. 6.8).

- *Formazione Tellaro* (Serravalliano - Messiniano). In alcune località all'interno del Graben (a sud di Scicli), la parte superiore della Formazione Tellaro è costituita da marne chiare passanti a un'alternanza di calcari marnosi biancastri e marne giallastre leggermente più scure in strati di spessore decimetrico datate al Messiniano (Di Grande & Romeo, 1981) (Fig. 6.15). Dal punto di vista idrogeologico anche questo livello presenta una permeabilità bassa.

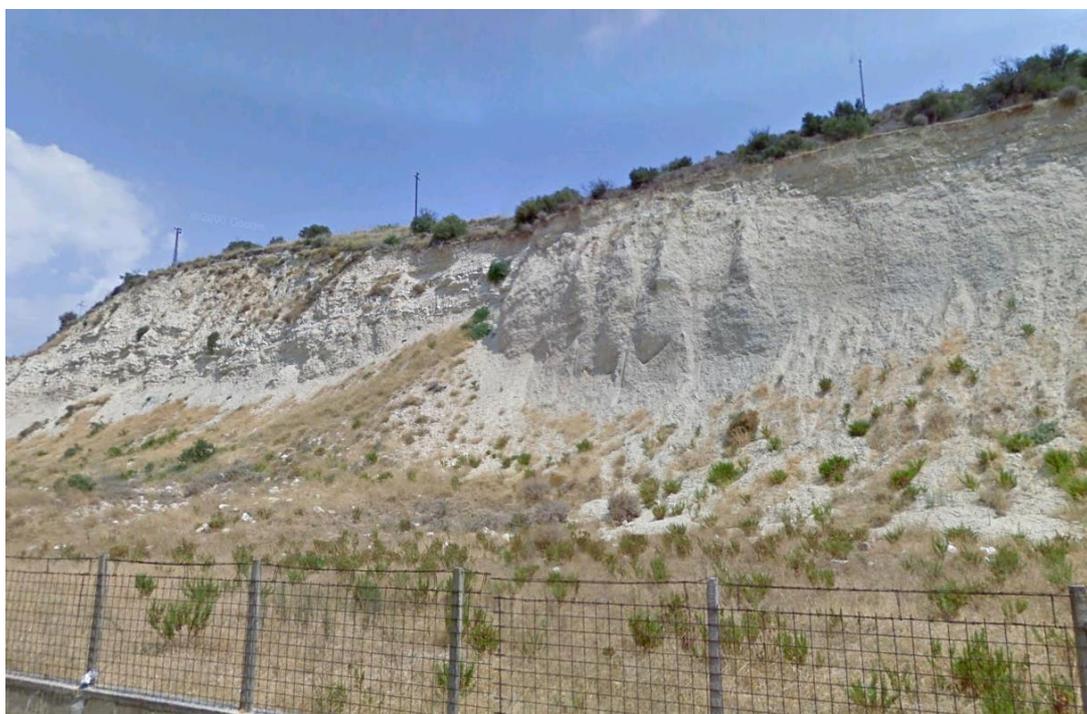


Figura 6.15 Marne chiare passanti a un'alternanza di calcari marnosi biancastri e marne giallastre leggermente più scure in strati di spessore decimetrico, che rappresentano la porzione superiore della F.ne Tellaro affiorante a Scicli.

- *Trubi* (Pliocene inferiore). Alternanza in strati di spessore decimetrico di calcari marnosi e marne calcaree, mediamente compatte, fratturate, di colore bianco crema. Affiorano esclusivamente in piccolo lembi discontinui, all'interno delle depressioni tettoniche presenti a sud e a nord di Scicli, poggiando in discordanza sul substrato, e raggiungendo uno spessore massimo di circa 20 metri. La permeabilità dell'alternanza calcareo-marnosa è bassa, localmente medio-bassa favorita dalla presenza di fratture.

- *Calcareniti infrapleistoceniche* (Pleistocene inferiore). Calcareniti bianco-giallastre, in discordanza sul substrato, contenenti modelli interni di bivalvi e gasteropodi affiorano in lembi discontinui a sud e a NO di Scicli. I livelli inferiori sono costituiti da un conglomerato di spessore decimetrico. Lo spessore delle calcareniti non va oltre i 15 metri circa. Permeabilità medio-alta per porosità e per fessurazione.

Settore della depressione di Ispica-Pachino

Nella depressione di Ispica-Pachino affiorano principalmente le marne della Formazione Tellaro. Solo localmente in prossimità del sistema di faglie di Pozzallo-Ispica-Rosolini affiora il substrato carbonatico costituito dall'alternanza calcareo-marnosa relativa alla parte superiore del Membro Irminio della Formazione Ragusa (Fig. 6.16). Verso est sulle marne della Formazione Tellaro poggiano in discordanza i calcari marnosi alternati a marne dei Trubi del Pliocene inferiore e le calcareniti infrapleistoceniche già descritte. La successione si differenzia da quella del graben di Marina di Ragusa per la presenza di depositi del Pliocene sup. costituiti da:

- *Calcareniti a lumachella e marne* (Pliocene superiore). Si tratta di biocalcareniti passanti lateralmente e verso il basso a marne calcaree, con spessore di 15-20 m. La permeabilità è bassa.

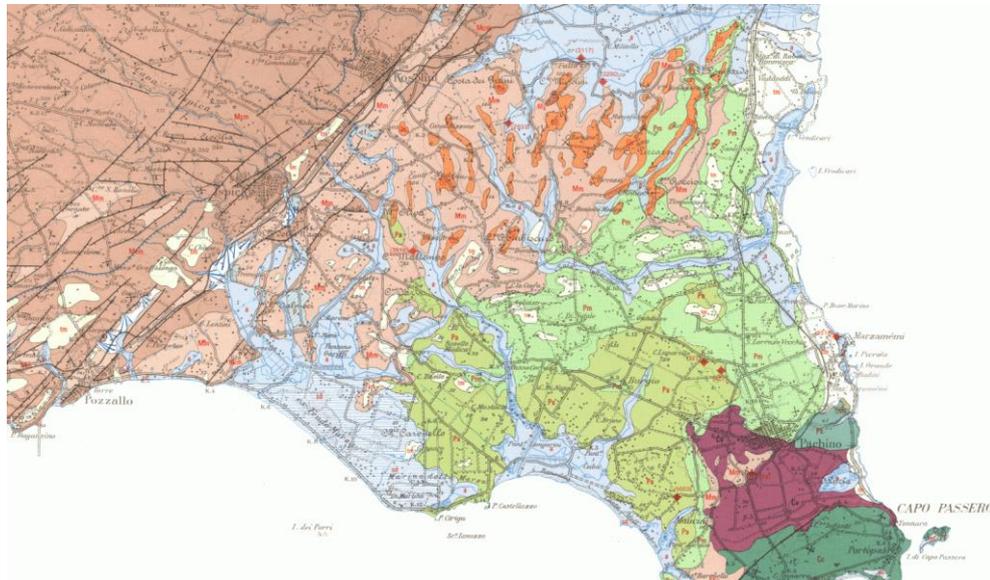


Figura 6.16 Stralcio della Carta Geologica della Sicilia sud-orientale (da Lentini et al., 1987). Cv – Vulcaniti del Cretaceo (Cretaceo sup.); CC – Calcari a rudiste (Cretaceo sup.); PE Calciruditi a nummuliti (Eocene medio); Mcm –Membro Irminio della Formazione Ragusa (Acquitaniiano-Langhiano); Mm –Formazione Tellaro (Serravalliano-Messiniano); Mg – Gessi (Messiniano sup.); Pm – Trubi (Pliocene inf.); Pa – calcareniti a lumachelle (Pliocene medio-sup.); Qc – Calcareniti

infrapleistoceniche (Pleistocene inf.); tm – depositi marini terrazzati (Pleistocene medio-sup.); a – alluvioni e fondi palustri (Olocene); sd – spiagge attuali.

Settore della depressione della Piana di Vittoria

La successione affiorante della Piana di Vittoria differisce da quelle degli altri settori strutturalmente depressi, per i depositi del Pleistocene (Fig. 6.17). Questi sono costituiti, oltre che dalle calcareniti infrapleistoceniche anche da:

- *Argille grigio-azzurre e silts argillosi* (Pleistocene inferiore). Le argille sono esposte lungo la valle del Fiume Acate, dove raggiungono circa 600-700 m di spessore (Pozzi Agip Acate 1 e 2), e passano verso l'alto a circa 50 m di silts argillosi. Tali depositi diminuiscono progressivamente di spessore verso est dove passano lateralmente alle calcareniti infrapleistoceniche spesse circa 40 m (Grasso 1999). Permeabilità molto bassa.
- *Sabbie* (Pleistocene inferiore). Le argille e i silts argillosi della valle del Fiume Acate, così come la parte superiore delle calcareniti infrapleistoceniche passano lateralmente e verso l'alto a sabbie giallastre spesse fino a circa 70 m. Permeabilità alta per porosità.
- *Depositi limnici* (Pleistocene inferiore). Nell'alta valle del Fiume Ippari, a NE di Vittoria, le calcareniti e le sabbie infrapleistoceniche sono ricoperte da depositi marino-continentale costituiti da cinque litotipi principali: calcari marnosi e marne calcaree in banchi spessi fino a 5 m, che a luoghi contengono noduli di selce; silts giallastri in banchi da decimetrici e metrici; argille marnose verdastre in livelli centimetrici; calcareniti bianche alternate a marne calcaree pulverulente; travertini (Conti et al., 1979). Localmente lungo il basso corso del fiume, tali depositi poggiano in discordanza sul substrato. Lo spessore è di circa 30-50 m. La permeabilità da media a bassa in funzione delle facies litologiche.

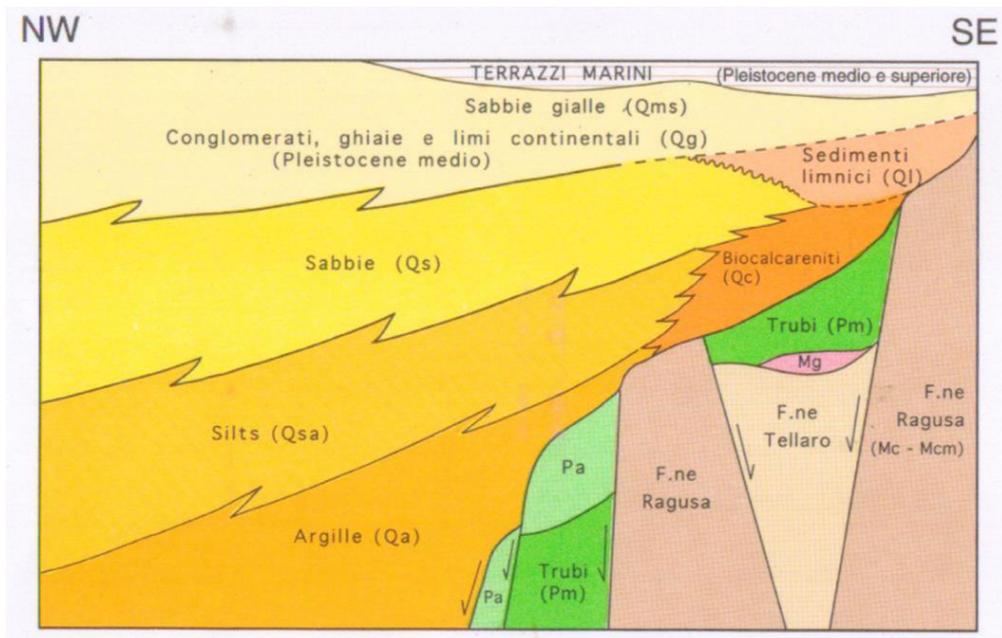


Figura 6.17 Schema dei rapporti stratigrafici tra le unità neogenico-quadernarie della Piana di Vittoria (da Grasso 1999)

I depositi del Pleistocene medio- Olocene sia marini che continentali caratterizzano l'intera area di studio. Essi sono rappresentati da:

- *Terrazzi marini* (Pleistocene medio-superiore). I depositi marini terrazzati affiorano, lungo la fascia costiera, spingendosi verso l'entroterra anche a quote elevate di circa 300 m s.l.m., con spessori ridotti che in genere non superano i 15 m. Tali depositi, appartenenti a vari ordini di terrazzi marini tardo-quadernari, sono costituiti da calcareniti e calciruditi organogene (Fig. 6.18) con lenti sabbioso-conglomeratiche di colore tipicamente giallo-rossastro e stratificazione spesso parallela e raramente incrociata, da sabbie bianco-giallastre, carbonatiche (Piana di Vittoria), e da conglomerati a clasti carbonatici appiattiti a matrice sabbiosa. Permeabilità da media a alta per porosità e fessurazione.



Figura 6.18 Deposito di un terrazzo marino tardo-quadernario costituito da calciruditi organogene giallastre, affiorante a Cava d'Aliga

- *Conoidi alluvionali*. Conoidi di deiezione sono sviluppate nell'area compresa tra Comiso a SO e Chiaramonte Gulfi a NE alla base della scarpata che delimita a est la Piana di Vittoria, e nella pianura alluvionale situata tra Donnalucata e Cava d'Aliga (Figg. 6.5 e 6.8). I depositi delle conoidi sono generalmente costituiti da sabbie, ghiaie, limi (Fig. 6.19), che nel complesso raggiungono uno spessore fino a 15-20 m. Permeabilità medio-alta per porosità.



Figura 6.19 Depositi alluvionali affioranti lungo la Fiumara di Modica, in prossimità dell'apice della conoide principale, costituiti da ghiaie, sabbie, limi e ciottoli carbonatici arrotondati in abbondante matrice sabbiosa. Tali depositi passano a un paleosuolo, in parte eroso, per la presenza di una superficie di erosione, ricoperta verso l'alto da altri depositi alluvionali, a testimonianza di diversi eventi alluvionali sovrapposti

- *Alluvioni fluviali terrazzate* (Pleistocene medio-Olocene). Distribuite in vari ordini, sono costituite da sabbie, ghiaie, limi, blocchi e ciottoli in matrice sabbiosa generalmente arrossata, che raggiungono spessori superiori a 10 metri. Affiorano lungo i principali corsi d'acqua (fiumi Tellaro, Irminio, Ippari e Acate, e torrenti di Modica e Grassullo). Permeabilità medio-alta per porosità.

- *Alluvioni recenti ed attuali* (Olocene). Sono costituite da ciottoli carbonatici di dimensioni da centimetriche a decimetriche, immersi in una matrice sabbioso-limosa giallo-brunastra e si sviluppano lungo i principali corsi d'acqua. Permeabilità medio-alta per porosità.

- *Depositi palustri* (Pleistocene superiore-Olocene). Si tratta di argille e limi bruno-giallastri con livelli di torba affioranti estesamente nella Piana di Vittoria e lungo il suo margine orientale e, a luoghi, nell'alta valle del Fiume Irminio, a nord-est di Modica e all'interno della depressione di Ispica-Pachino (Fig. 6.5). Lo spessore non supera pochi metri. Permeabilità molto bassa.

- *Spiagge attuali e depositi eolici* (Olocene). Si tratta di sabbie fini, gialle, a prevalente composizione quarzosa e in minor misura carbonatica, e dune costiere presenti lungo l'intera fascia costiera compresa tra il Fiume Acate, a NO, e il Torrente Grassullo, a SE, e a tratti da Marina di Ragusa procedendo verso est (Fig. 6.5). Lo spessore varia da pochi metri a circa 25 m (Ferrara & Pappalardo, 2004). Permeabilità medio-alta per porosità.

- *Materiale di risulta di cave e falde di detrito*. Materiale di risulta di cave è presente a sud di Ragusa e a sud-est di Scicli, mentre le falde di detrito, costituite da brecce ad elementi carbonatici con matrice a granulometria sabbiosa, a volte parzialmente cementate, si sviluppano alla base delle scarpate del margine orientale della Piana di Vittoria e di quello occidentale del Graben di Marina di Ragusa, e lungo la valle del Fiume Acate e del Torrente Modica. Permeabilità medio-alta per porosità (Figg. 6.5 e 6.8).

6.4.2 Caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi e loro vulnerabilità

A partire dai dati ottenuti nello studio effettuato per il progetto MORISO (Romagnoli & Tortorici, 2013) e sulla base delle caratteristiche idrogeologiche delle varie unità litostratigrafiche, raggruppando i litotipi in funzione del tipo e del grado di permeabilità, è possibile distinguere, per ogni settore, le unità a bassa permeabilità, con circolazione idrica assente, e le unità aventi permeabilità variabile da bassa a alta che caratterizzano diversi acquiferi, sedi di falde:

Settore dell'altopiano ragusano

- *Complesso sedimentari marnosi a permeabilità bassa.*

Sono rappresentati dalle marne della Formazione Tellaro (viola in Fig. 6.20) e dai piccoli lembi di argille e limi relativi ai depositi palustri. Nel complesso la permeabilità è bassa essendo compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/s. Nelle zone di affioramento rappresentano il tetto impermeabile della falda dell'acquifero carbonatico sottostante. Presentano un grado di vulnerabilità basso e bassissimo.

- *Acquifero libero o parzialmente confinato nella successione dei depositi carbonatici del Membro Irminio della Formazione Ragusa.*

L'acquifero è costituito dalla successione di depositi carbonatici del Membro Irminio della F.ne Ragusa, caratterizzata dall'alternanza calcarenitico-marnosa, passante verso il basso al livello a banconi calcarenitici. La permeabilità è di tipo secondario per fessurazione variabile da medio-bassa, per la presenza di alternanze calcareo-marnose, a medio-alta in prossimità delle principali zone di

taglio e localmente per fenomeni carsici. Gli orizzonti calcarenitici presentano anche una moderata permeabilità di tipo primario pari a circa 10^{-4} cm/s (Aureli 1993).

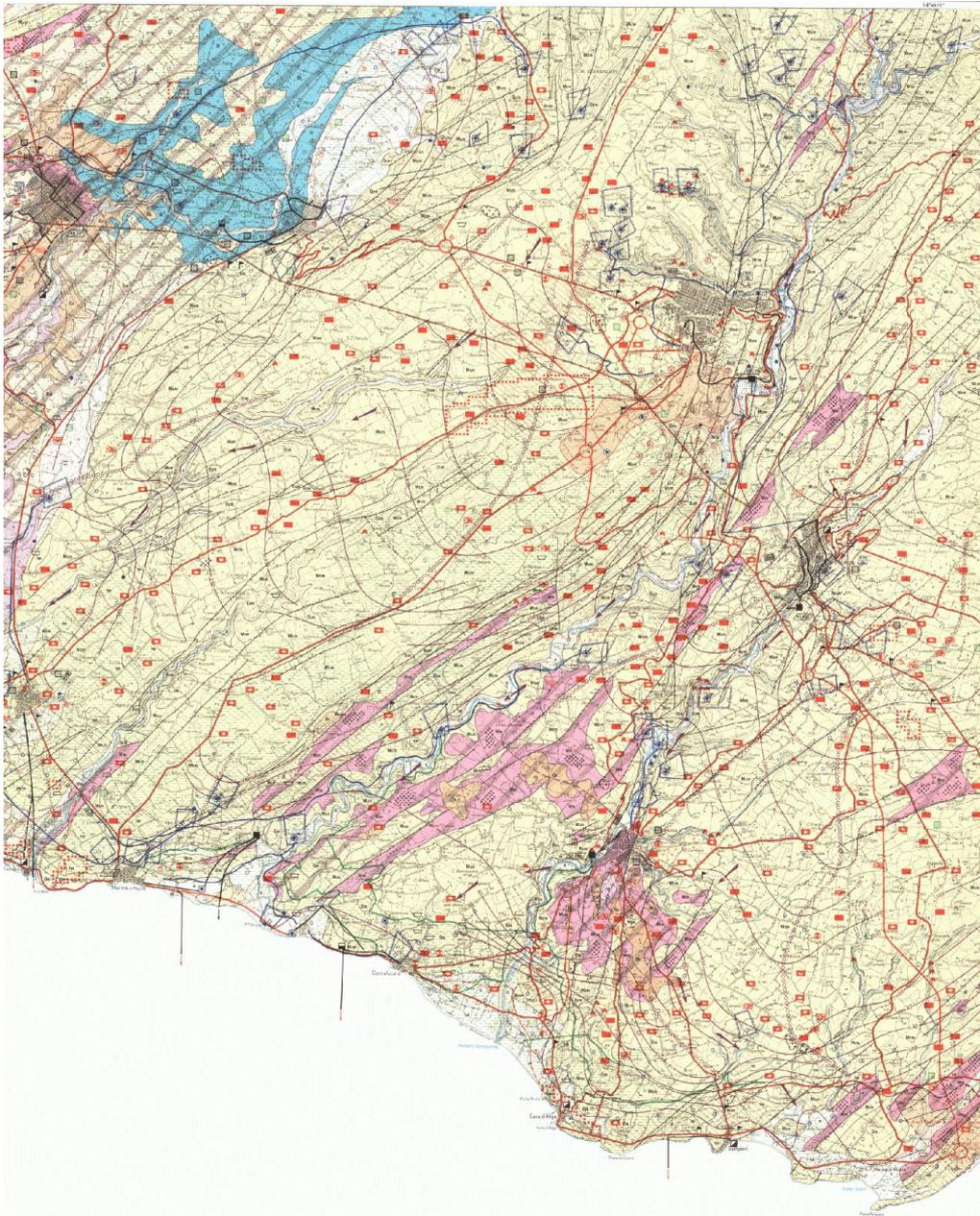


Figura 6.20 Stralcio della Carta della vulnerabilità delle falde idriche - Settore sud-occidentale ibleo (Sicilia SE) (da Aureli 1993)

A causa della presenza di livelli marnosi più spessi nell'alternanza calcarenitico-marnosa, a carattere lentiforme, nella parte alta del Mb. Irminio si possono ritrovare falde superficiali sospese di spessore ridotto, di scarso interesse idrogeologico (Grasso et al., 2000; Ruggieri 2005). Una falda più profonda libera o parzialmente confinata dai livelli semipermeabili sovrastanti, o dalle rare aree di affioramento delle marne della Formazione Tellaro, conservate all'interno di piccole depressioni morfostrutturali,

è contenuta nel livello a banconi calcarenitici della parte bassa del Mb. Irminio. Generalmente, tale acquifero risulta in continuità idraulica con il sottostante, ad eccezione di quelle aree in cui i termini marnosi a bassa permeabilità della parte alta del Mb. Leonardo raggiungono spessori tali da costituirne il substrato impermeabile (ad es. area di S. Croce camerina). La ricarica avviene principalmente per effetto delle piogge efficaci drenate dalle fratture.

Localmente su tale acquifero poggiano in continuità idraulica depositi clastici incoerenti caratteristici dei detriti di falda, depositi alluvionali recenti e terrazzati, depositi delle conoidi, e delle sabbie costiere, con una permeabilità primaria per porosità compresa tra 10^{-2} e 10^{-4} cm/s (Aureli 1993).

- Acquifero profondo confinato nella successione dei depositi carbonatici del Membro Leonardo della Formazione Ragusa e della Formazione Amerillo.

L'acquifero, caratterizzato da una permeabilità medio-alta per fessurazione, è costituito dall'alternanza calcilutitica-marnosa del Mb. Leonardo della F.ne Ragusa, e dai calcari con selce della Formazione Amerillo in continuità idraulica. Esso è localmente confinato superiormente dagli orizzonti marnosi con permeabilità medio-bassa della parte alta del Membro Leonardo, mentre il substrato impermeabile che lo sostiene è rappresentato dall'alternanza di marne e calcari marnosi della Formazione Hybla (Grasso et al., 2000; Ruggieri 2005).

La falda in pressione profonda risulta essere la più produttiva dell'altopiano ragusano. In prossimità di strutture tettoniche, o in generale quando vengono a mancare gli orizzonti marnosi superiori, le falde principali delle successioni dei depositi carbonatici sono in contatto idraulico, alimentando così l'acquifero profondo (Grasso et al., 2000; Ruggieri 2005).

I due acquiferi della successione carbonatica, in letteratura vengono spesso considerati come un unico acquifero multifalda (giallo chiaro in Fig. 6.20), che presenta valori di permeabilità molto discontinui, sia per la notevole variabilità della permeabilità intrinseca legata alla porosità interstiziale e quindi alla litologia estremamente variabile da livello a livello e lateralmente nell'ambito dello stesso livello, sia da una predominanza della permeabilità in grande connessa alla fratturazione tettonica.

Le colture praticate sono il pascolo, mentre lungo la costa si è sviluppata la coltivazione in serre, realizzate spesso sui terreni detritici soprastanti. Nell'altopiano sono frequenti gli allevamenti zootecnici, gli oleifici e le cave; sono inoltre presenti diversi impianti per l'estrazione di idrocarburi. La vulnerabilità degli acquiferi della serie carbonatica risulta generalmente alta o elevata (Aureli 1993), quando essi non sono protetti superiormente dalle marne della F.ne Tellaro e, più in generale,

perché caratterizzati da elevata permeabilità per carsismo, in cui i condotti carsici rappresentano vie preferenziali per la diffusione di eventuali sostanze inquinanti.

Nel complesso la vulnerabilità è tanto più elevata quanto maggiore è la permeabilità legata ai fenomeni carsici. Altre condizioni di vulnerabilità elevata si verificano dove i due acquiferi carbonatici sono in continuità idraulica, e in prossimità delle zone di fondo valle, connesse a una minore distanza tra superficie e livello della falda rispetto alle zone di altopiano.

Data l'alta permeabilità per fessurazione e per fenomeni carsici, un inquinante se sufficientemente veicolato può raggiungere la falda idrica in poche ore lungo gli alvei e in qualche giorno alla sommità dei rilievi; le sostanze nocive giunte in falda si diffonderanno velocemente facendo riscontrare un inquinamento con picchi marcati nelle sorgenti e nei pozzi posti più a valle.

Settore del Graben di Marina di Ragusa

In questo settore, ampiamente studiato durante il progetto Moriso (Romagnoli & Tortorici, 2013), oltre agli acquiferi carbonatici dell'altopiano ragusano, si distinguono:

- *Acquifero con falda libera superficiale in terreni incoerenti.*

L'acquifero è costituito da ghiaie, sabbie e limi caratteristici dei detriti di falda, dei depositi alluvionali recenti e terrazzati, dei depositi delle conoidi e delle sabbie costiere (color gesso in Fig. 6.20). Generalmente mostrano variazioni locali della granulometria sia in verticale che in orizzontale, e permeabilità primaria per porosità compresa tra 10^{-2} e 10^{-4} cm/s (Aureli 1993).

Tali depositi poggiano direttamente sui termini permeabili inferiori, con i quali sono in continuità idraulica, senza fornire alcuna protezione. I risultati di una prova di permeabilità effettuata durante le perforazioni relative al progetto MORISO, indica un coefficiente di permeabilità $K=9,8 \times 10^{-3}$ cm/sec per i calcari del Mb. Irminio della F.ne Ragusa. Localmente, nei settori strutturalmente ribassati, dove sono conservate le marne della Formazione Tellaro, i depositi incoerenti che costituiscono l'acquifero poggiano su un substrato a permeabilità molto bassa. Lo spessore varia da 0 a 20 m circa. Nell'area costiera compresa tra Donnalucata e Cava d'Aliga l'acquifero costituito dalla conoide alluvionale rappresenta una delle principali fonti di approvvigionamento idrico ad uso irriguo, avendo come substrato impermeabile le marne della Formazione Tellaro. La permeabilità dei depositi di conoide ottenuta da prove effettuate per il progetto MORISO varia tra 10^{-2} e 5×10^{-4} cm/sec.

Lo sfruttamento della falda libera superficiale, con soggiacenza generalmente inferiore ai 20 m, in passato avveniva tramite un gran numero di pozzi scavati a mano per uso domestico. Successivamente, con l'incremento di pratiche agricole irrigue, sono state realizzate numerose

perforazioni anche profonde, che pur pescando nella falda profonda originariamente in pressione, drenano per mancanza di adeguato isolamento anche la falda superficiale libera (Aureli 1993).

I terreni dei depositi clastici alluvionali sono interessati da colture irrigue e da serre con elevato uso di prodotti agricoli potenzialmente inquinanti. In generale le alluvioni possiedono un moderato potere di ritenzione.

La falda libera superficiale ha un grado di vulnerabilità alto (Aureli 1993), in quanto il versamento di sostanze inquinanti sul terreno, o trasportate dai corsi d'acqua che attraversano le alluvioni, produce un inquinamento rilevante, in proporzione alla permeabilità verticale; dato che la superficie piezometrica è quasi affiorante, l'inquinante raggiungerà la falda in qualche giorno, e si diffonderà rapidamente.

In prossimità della costa, l'eccessivo sfruttamento della falda ha dato luogo all'inquinamento da intrusione marina. Inoltre l'uso di inquinanti di origine agricola e la pratica di scaricare i liquami domestici in fosse e pozzi perdenti ha compromesso le caratteristiche delle acque che fanno riscontrare casi locali di inquinamento con alte concentrazioni di contaminazione.

- Acquifero con falda libera superficiale in sabbie e calcareniti quaternarie.

L'acquifero è costituito dai piccoli lembi di calcareniti organogene e sabbie dei depositi marini terrazzati tardo-quaternari e dalle calcareniti del Pleistocene inferiore, aventi una permeabilità mista per porosità e fessurazione compresa tra 10^{-2} e 10^{-3} cm/s. Si tratta, dunque, di un modesto acquifero superficiale (spessore < 20 m), poco esteso arealmente, di scarso interesse idrogeologico.

Quando i depositi calcarenitici giacciono sulle marne della F.ne Tellaro, la falda libera superficiale, di modesto spessore, contenuta nell'acquifero è estremamente limitata e ha un grado di vulnerabilità elevato (Aureli 1993), in quanto il versamento di sostanze inquinanti sul terreno determina un inquinamento quasi immediato che si propagherà rapidamente alla velocità di 3-5 m al giorno. Laddove l'acquifero poggia sui termini carbonatici più bassi, è in continuità idraulica con l'acquifero carbonatico sottostante. Di conseguenza, le sabbie e calcareniti sono a diretto contatto con i termini permeabili inferiori.

Settore della depressione di Ispica-Pachino

- Acquifero con falda libera superficiale in sabbie e calcareniti quaternarie.

Sabbie e calcareniti quaternarie affiorano ai nucleo di sinclinali nel settore settentrionale della depressione, a sud del Fiume Tellaro e lungo la costa, poggiando su terreni a bassa permeabilità. Dati

gli esigui spessori rappresentano un acquifero di scarso interesse idrogeologico (arancione in Fig. 6.21).

- Complessi sedimentari marnosi a permeabilità bassa.

Sono rappresentati dalle marne della Formazione Tellaro (viola in Fig. 6.21) e dei depositi pliocenici (rosa in Fig. 21). Nel complesso la permeabilità è quasi nulla essendo compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/s. Nelle zone di affioramento rappresentano il tetto impermeabile della falda dell'acquifero carbonatico sottostante. Presentano un grado di vulnerabilità bassissimo.

- Acquifero carbonatico con falda libera o in pressione

I depositi carbonatici del Mb. Irminio della F.ne Ragusa affiorano esclusivamente nel settore occidentale della depressione in corrispondenza del sistema di faglie di Pozzallo-Ispica-Rosolini dove è presente una falda libera. Tali depositi costituiscono l'acquifero carbonatico che risulta essere in gran parte dell'area confinato dai complessi sedimentari marnosi sovrastanti, ospitando una falda in pressione. Gli ingenti prelievi d'acqua ad opera dei numerosi pozzi ad uso irriguo hanno causato l'abbassamento del livello statico della falda in pressione. A questo si aggiunge il fenomeno di insalinamento per ingressione marina verificatosi in particolare lungo la costa meridionale. L'estesa copertura marnosa protegge tale falda da possibili fonti inquinanti costituite principalmente da serre, scarichi urbani e allevamenti (Aureli 1990).

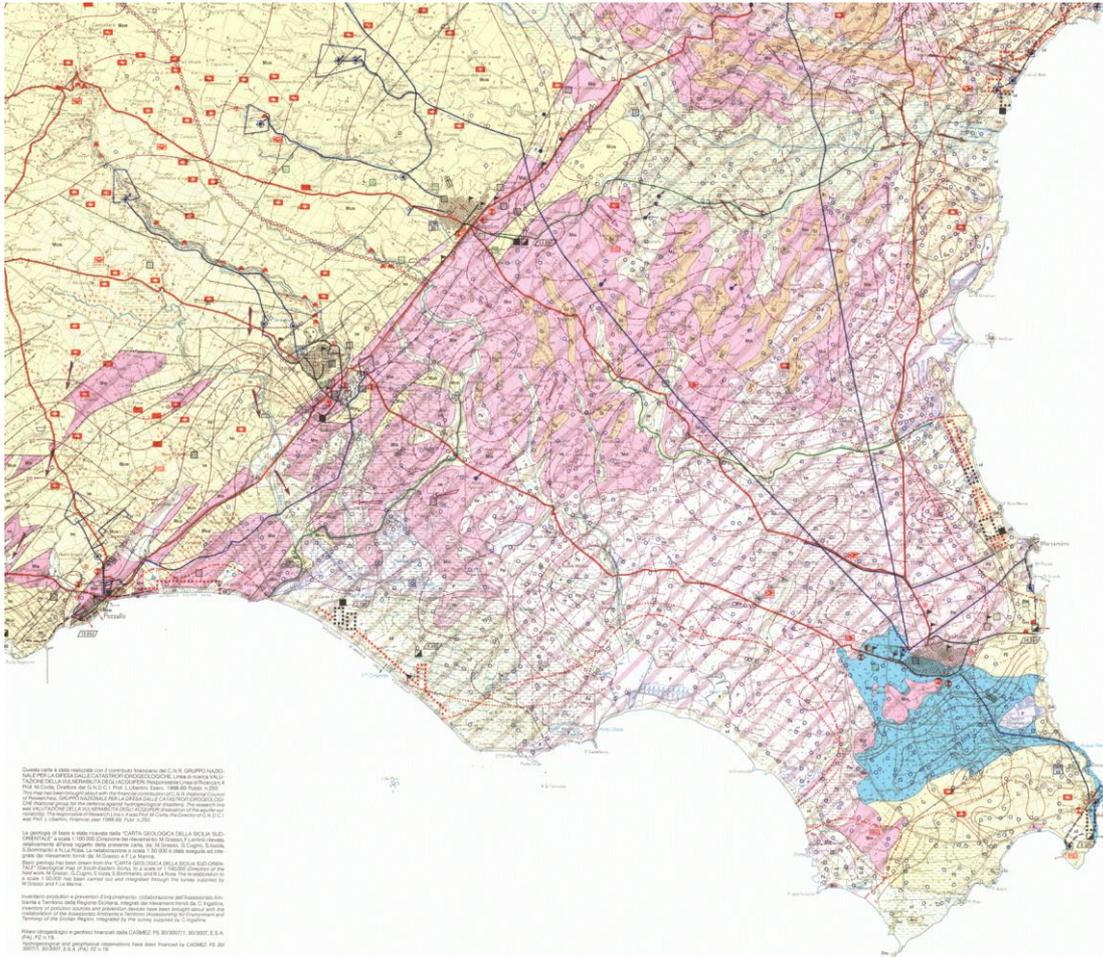
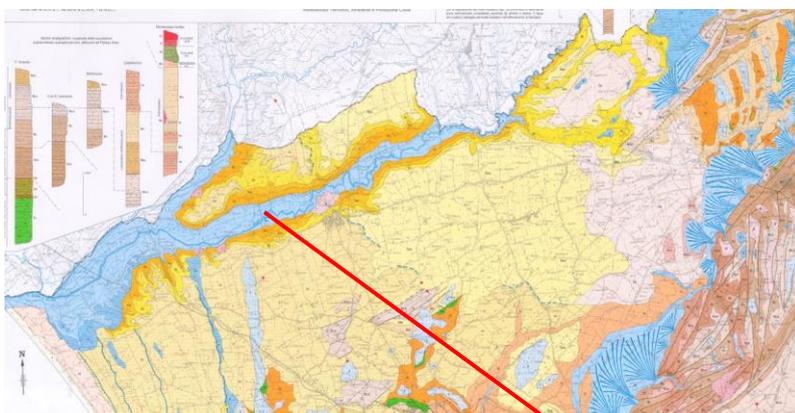
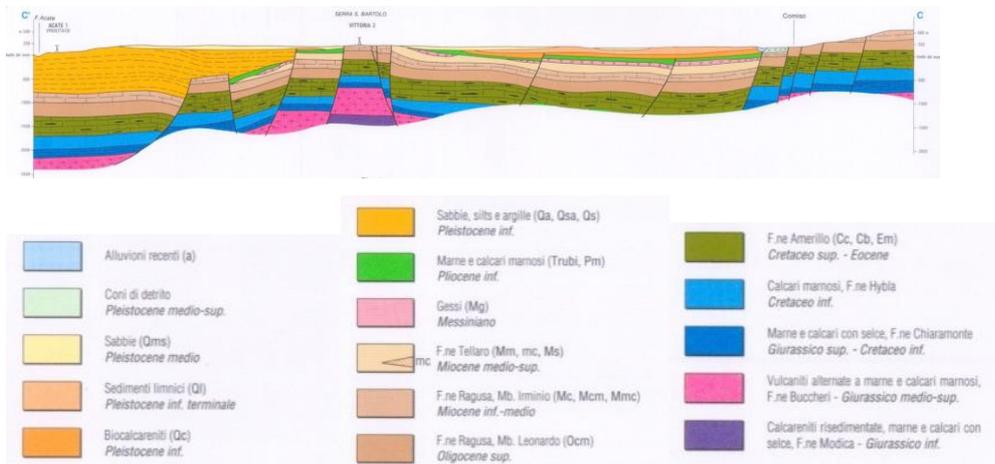


Figura 6.21 Stralcio della Carta della vulnerabilità delle falde idriche - Settore sud-orientale ibleo (Sicilia SE) (da Aureli 1990)

Settore della Piana di Vittoria

Si tratta del settore più articolato per la presenza di diverse unità litostratigrafiche caratterizzate da differenti gradi di permeabilità e da contatti sia stratigrafici che tettonici, che determinano repentini variazioni di facies e di spessore. I lineamenti tettonici principali sono in gran parte sepolti sotto l'estesa copertura tardo-quadernaria. In particolare si distingue un alto strutturale ubicato nel centro della piana, in corrispondenza di Serra San Bartolo, orientato circa NE-SO, che separa due bassi strutturali, che si sviluppano rispettivamente più a nord-ovest verso il F. Acate, e più a sud-est verso Comiso, dove il sistema di Comiso-Chiaramonte delimita la depressione della piana (vedi sezione geologica in Figura 6.22).





verticale che in orizzontale, e permeabilità primaria per porosità compresa tra 10^{-2} e 10^{-4} cm/s (Aureli 1993). I depositi di conoide si sviluppano lungo il margine orientale della Piana di Vittoria, ricoprendo le strutture tettoniche che mettono a contatto l'acquifero carbonatico dell'altopiano a est, con l'acquifero superficiale sabbioso-calcarenitico a ovest. A nord-est di Comiso le conoidi poggiano sui terreni a permeabilità da bassa a media, mentre più a sud ovest sono in continuità idraulica con l'acquifero sottostante. I depositi alluvionali recenti si sviluppano lungo i principali corsi d'acqua. In particolare lungo il F. Ippari generalmente poggiano su terreni a permeabilità medio-bassa (Trubi, F.ne Tellaro e depositi limnici) ad eccezione del tratto a sud di Vittoria dove sono in continuità idraulica con l'acquifero sottostante, mentre lungo il F. Acate poggiano esclusivamente su argille pleistoceniche a permeabilità molto bassa (Fig. 6.22). Infine le sabbie costiere poggiano sempre sull'acquifero sottostante.

- Acquifero con falda libera superficiale in sabbie e calcareniti quaternarie.

Si tratta dei depositi marini terrazzati a permeabilità medio alta (10^{-2} – 10^{-3} cm/s; Aureli 1993) e sabbie che si estendono in gran parte della piana, ricoprendo sia le argille e silts argillosi a bassa permeabilità nel settore occidentale della piana, che i terreni limnici (blu in Fig. 6.23) a permeabilità medio bassa e (10^{-4} e 10^{-5} cm/s) a nord di Comiso e lungo la bassa valle del F. Ippari, ospitando una falda libera superficiale, di modesto spessore, e caratterizzata da un grado di vulnerabilità elevato (Aureli 1993). Nel resto della piana tali depositi ricoprono in continuità idraulica le calcareniti e sabbie del Pleistocene inferiore.

- Acquifero con falda libera superficiale in sabbie e calcareniti infrapleistoceniche.

Ampiamente affioranti nella valle del F. Ippari e nei dintorni di Vittoria, aventi una permeabilità medio alta (10^{-2} – 10^{-3} cm/s; Aureli 1993) costituiscono un acquifero che è in gran parte ricoperto dai depositi marini terrazzati con cui sono in continuità idraulica, ad eccezione dell'area a nord-est di Vittoria, dove si interpongono i depositi limnici a permeabilità medio-bassa.

In passato la falda libera superficiale veniva utilizzata per scopi domestici mediante pozzi poco profondi (massimo 20-30 m) per lo più scavati a mano. Successivamente, a causa della maggiore richiesta d'acqua connessa alle pratiche agricole ampiamente diffuse (serre, agrumeti, ecc..), nella zona della piana sono state realizzate perforazioni profonde che oltre ad emungere acqua dalla falda profonda, originariamente in pressione, hanno drenato anche la falda superficiale e gli inquinanti in essa presenti a causa di una frequente mancanza di adeguato isolamento (Aureli 1993). Per cui si è registrato un deterioramento delle acque sotterranee sia per il fenomeno di intrusione marina,

soprattutto nell'area costiera, che per l'aumento dell'inquinamento agricolo e urbano. Le aree di affioramento dei depositi alluvionali e dei depositi marini terrazzati tardo-quadernari, difatti essendo caratterizzate da una morfologia planare, sono generalmente interessate da serre dove a causa dell'elevato utilizzo di pesticidi, diserbanti e concimi inorganici, si producono inquinanti di origine agricola che compromettono sempre più le qualità delle acque di falda quindi non solo superficiale, ma anche profonda.

- Complessi sedimentari marnosi e argillosi a permeabilità bassa.

Sono rappresentati dalle marne della Formazione Tellaro (viola in Fig. 6.23), dalle argille e silts argillosi del Pleistocene inferiore aventi permeabilità quasi nulla, compresa tra 10^{-5} e 10^{-7} cm/s e dai Trubi (rosa in Fig. 23). Tali depositi costituiscono il substrato impermeabile che sostiene gli acquiferi con falda libera soprastanti, se ricoperti dai depositi marini terrazzati, da depositi alluvionali e detritici, e dalle sabbie e calcareniti infrapleistoceniche, mentre nelle aree in cui affiorano rappresentano direttamente il tetto impermeabile dell'acquifero carbonatico sottostante, presentando un grado di vulnerabilità basso.

- Acquifero carbonatico con falda libera o in pressione

I depositi carbonatici della F.ne Ragusa affiorano esclusivamente nel settore centrale della piana in corrispondenza dell'alto strutturale di Serra S. Bartolo. Qui la successione oligo-miocenica, perforata dal pozzo Vittoria 2 è caratterizzata da calcari detritici e marnosi fino a circa 250 m di profondità, poggianti su un livello argilloso spesso circa 60 m, che passano verso il basso a marne calcaree e calcari marnosi più in basso. Tali depositi costituiscono l'acquifero carbonatico caratterizzato da una elevata permeabilità per fratturazione e carsismo, che risulta essere in gran parte dell'area confinato dai complessi sedimentari marnosi e argillosi sovrastanti spessi anche oltre i 100 m, (marne della F.ne Tellaro verso Comiso, e argille infrapleistoceniche verso Acate), ospitando una falda in pressione. Tale acquifero profondo altamente produttivo rappresenta la più importante fonte di approvvigionamento idrico della zona.

A partire dai primi anni 80 per soddisfare l'aumento della richiesta di acqua a causa dell'espansione delle aree agricole, sono stati perforati numerosi pozzi profondi che hanno causato l'abbassamento del livello statico della falda in pressione, con conseguente intrusione di acqua salata sia nell'acquifero superficiale con falda libera, che nell'acquifero carbonatico profondo.

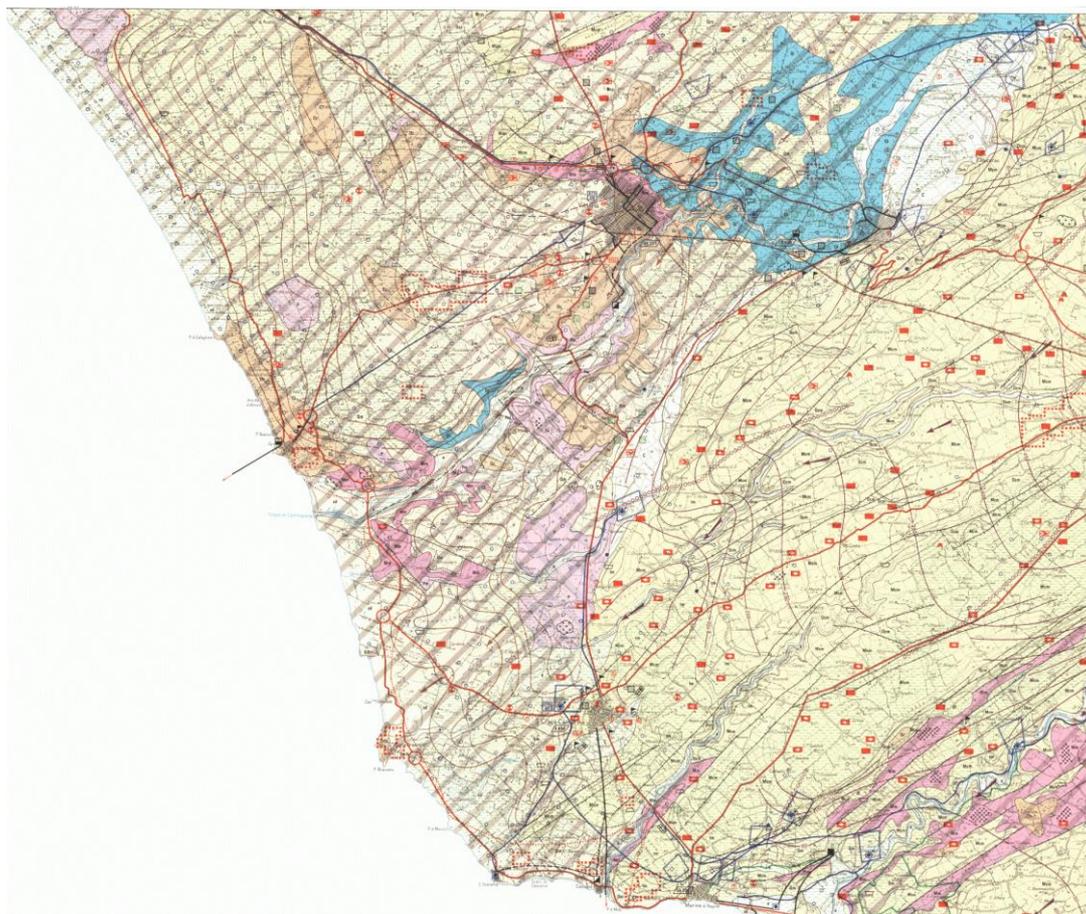


Figura 6.23 Stralcio della Carta della vulnerabilità delle falde idriche - Settore sud-occidentale ibleo (Sicilia SE) (da Aureli 1993)

6.4.3 Implementazione del modello numerico di flusso MODFLOW

I modelli matematici di flusso permettono di simulare la distribuzione dei carichi idraulici ed il flusso di falda all'interno di un mezzo poroso.

Questo avviene attraverso la risoluzione di equazioni che rappresentano i processi fisici che si sviluppano nel sistema (equazioni di governo del flusso sotterraneo), l'impostazione di condizioni al contorno in modo da ottenere una soluzione univoca di tale sistema di equazioni, e, infine, le condizioni iniziali qualora il modello sia variabile con il tempo (modello transitorio).

Per risolvere un modello matematico ci si avvale di un codice di calcolo, che è l'insieme delle operazioni computazionali utilizzate per la risoluzione delle equazioni di flusso. Il codice di calcolo è generico e, tramite esso, si possono risolvere diversi modelli sito-specifici.

Dal punto di vista matematico i modelli possono essere risolti analiticamente o numericamente.

Un modello analitico considera condizioni molto semplificate (ad esempio mezzo omogeneo ed isotropo) e sollecitazioni che non richiedano complesse sovrapposizioni degli effetti; un modello numerico necessita invece che il dominio venga "discretizzato" sia orizzontalmente che verticalmente, andando quindi a costituire elementi unitari omogenei ai quali applicare il sistema di equazioni algebriche del modello matematico, tenendo conto di eterogeneità geologiche, spessori variabili dei livelli di interesse idrogeologico e degli acquiferi, complessità delle condizioni al contorno e la differenziazione in modelli di simulazione di condizioni stazionarie o transitorie del modello di flusso.

I modelli numerici possono essere risolti attraverso metodi diversi, tra cui i due più importanti sono: metodo di risoluzione alle differenze finite oppure agli elementi finiti.

Per quanto riguarda il primo metodo la discretizzazione avviene attraverso una griglia di celle rettangolari o quadrate e le condizioni e le proprietà sono considerate omogenee all'interno delle stesse ed attribuite al nodo centrale.

Tra i codici di calcolo che utilizzano questo metodo di risoluzione il più conosciuto e testato su una vasta quantità di casi di studio è MODFLOW (McDonald & Harbaugh, 1988). Il metodo di risoluzione agli elementi finiti presenta un'assegnazione delle proprietà ai nodi degli elementi 2D o 3D (es. tetraedri) ed in essi possono variare da nodo a nodo sulla base di funzioni di interpolazione: il codice di calcolo maggiormente noto che utilizza tale metodo risolutivo è Feflow (Diersch, 1996). Sebbene le soluzioni fornite dai due metodi siano ugualmente valide, la scelta di uno o dell'altro è generalmente dettata dal tipo di problema da risolvere e dal codice di calcolo disponibile. In genere il primo metodo ha una formulazione più semplice mentre il secondo si adatta meglio alle forme irregolari di dominio e condizioni al contorno.

Dal punto di vista della dipendenza dal fattore tempo, i modelli numerici si distinguono in stazionari e transitori. Nei modelli stazionari i risultati delle simulazioni sono rappresentativi delle condizioni all'equilibrio del sistema; la variabile temporale non gioca, quindi, alcun ruolo e gli scenari proposti si possono considerare significativi delle condizioni medie di equilibrio del sistema sotterraneo. Nei modelli transitori, invece, i risultati delle simulazioni rappresentano l'evoluzione del sistema durante il raggiungimento dell'equilibrio in seguito all'applicazione di una o più sollecitazioni esterne.

In base agli obiettivi, i modelli numerici possono essere classificati come (M. Anderson, 1992):

- Generici ed interpretativi - Predittivi

I modelli generici vengono utilizzati per l'analisi di flusso di un ipotetico sistema idrogeologico e possono fornire linee guida per una specifica regione. I modelli interpretativi, invece, rappresentano uno strumento per studiare le dinamiche di uno specifico sistema idrogeologico e per organizzare i dati di campo. I modelli predittivi consentono di valutare gli effetti di un'azione o di un evento sul sistema idrogeologico nel futuro.

I modelli di flusso possono essere impiegati per svariate applicazioni: se adoperati per la gestione di una risorsa idrica, da essi è possibile effettuare una valutazione dell'impatto del suo utilizzo al fine di poterne definire una gestione sostenibile.

Fasi di implementazione di un modello di flusso

Come mostrato nello schema di figura 3.1, l'implementazione di un modello di flusso si articola in dieci fasi:

- Definizione dell'obiettivo
- Realizzazione del modello concettuale
- Scelta del codice di calcolo
- Implementazione del modello numerico di flusso
- Implementazione del modello concettuale nel codice di calcolo
- Simulazione del modello e confronto con i dati di campo
- Analisi di sensitività e calibrazione
- Validazione del modello
- Applicazione del modello
- Post-audit
- Aggiornamento del modello

Ciascuna di queste fasi viene discussa nei prossimi paragrafi.

Definizione degli obiettivi

Il primo passo per l'implementazione di un modello di flusso è la definizione dello scopo a cui si vuole pervenire, per esempio definire una politica di gestione per la risorsa idrica piuttosto che indagare e prevedere le traiettorie seguite da una o più sostanze inquinanti in un sito contaminato.

In base all'obiettivo stabilito, si decide a che scala costruire il modello (regionale o locale) e che tipo di dati raccogliere sul campo ed elaborare per la costruzione del modello concettuale.

Implementazione del modello numerico di flusso.

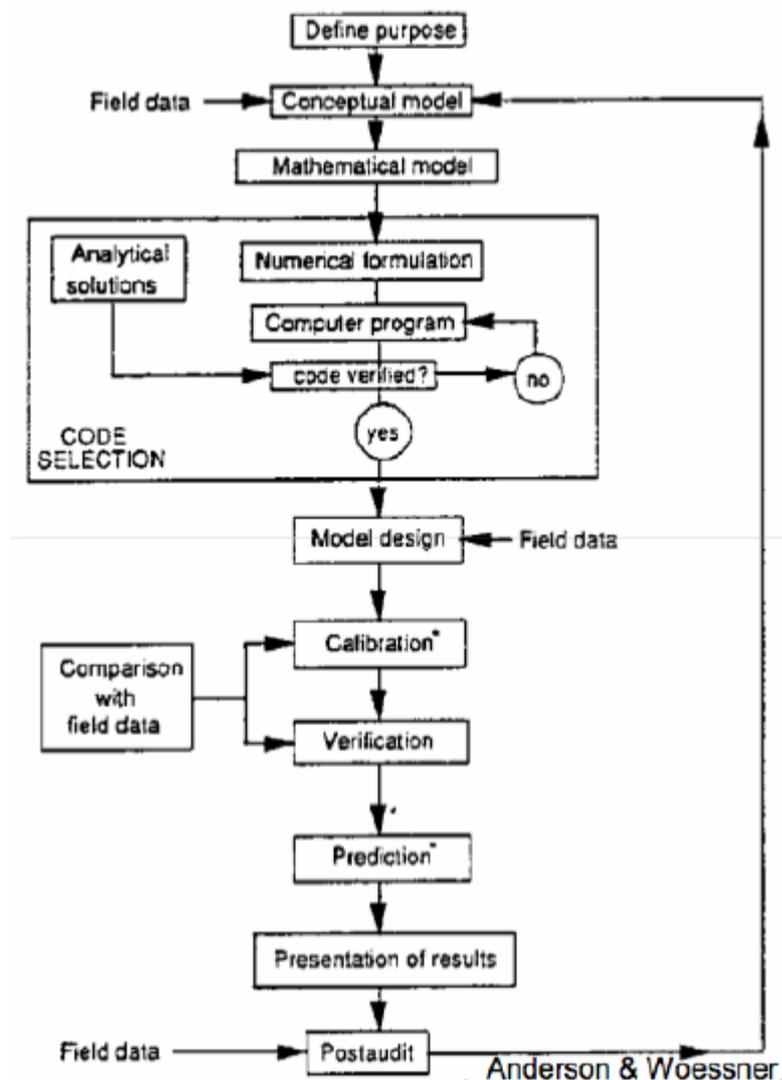


Figura 6.24 Procedura di implementazione di un modello di flusso

Realizzazione del modello concettuale

Questa seconda fase del processo di implementazione di un modello di flusso consiste nella schematizzazione del sito, che consente di rappresentare in modo semplificato ma efficace il reale sistema di flusso.

Per ottenere ciò, è indispensabile avere una raccolta dati di qualità ed elaborarli opportunamente al fine di ottenere una definizione dettagliata dell'acquifero sia dal punto di vista geometrico-strutturale (stratigrafie, sezioni, conducibilità idraulica), sia dal punto di vista dinamico secondo fattori naturali (precipitazioni, temperature...) ed antropici (prelievi e/o immissioni in falda) che variano nel tempo ed influenzano il flusso di falda.

Scelta del codice di calcolo

La scelta del codice di calcolo è dettata principalmente dagli obiettivi da perseguire e dalla geometria del problema.

Implementazione del modello concettuale nel codice di calcolo

In questa fase vengono stabiliti i criteri di discretizzazione orizzontale e verticale del modello, i limiti e la forma del dominio, la natura e la forma delle condizioni al contorno e delle condizioni interne.

Simulazione del modello e confronto con i dati di campo

Dopo che è stato implementato il modello concettuale in forma definitiva, si effettua una simulazione e, al termine di questa, i risultati vengono confrontati con i valori effettivamente osservati in campo, denominati target di calibrazione (es.: i valori di carico idraulico simulato vengono confrontati con valori di carico puntuali noti, misurati in sito durante un'opportuna campagna piezometrica).

Analisi di sensitività e calibrazione

Con l'analisi di sensitività si individuano i parametri che hanno maggior influenza sull'accuratezza dei risultati del modello che possono essere opportunamente modificati in seguito in una fase di calibrazione in modo da raggiungere una

Implementazione del modello numerico di flusso

buona rispondenza tra i risultati del modello ed i valori effettivamente osservati in campo.

Validazione del modello

Questa fase consente di stabilire il grado di affidabilità del modello variando le condizioni di simulazione adottate in fase di calibrazione e vengono nuovamente confrontate con i dati reali osservati in sito. (es: variando i valori di ricarica, utilizzando nuovi dati di prelievo da falda, ecc...).

Applicazione del modello

Una volta stabilita l'affidabilità del modello, è possibile consolidare alcune ipotesi sul modello concettuale oppure prevedere scenari futuri di utilizzo della risorsa idrica sotterranea o progettare linee di intervento a fini ambientali.

Post-Audit

Consiste nella verifica di uno scenario previsionale condotta a posteriori, attraverso quindi il confronto con i dati di campo raccolti a valle dell'implementazione del modello.

Aggiornamento del modello

Indagini condotte nel tempo, a seguito dell'applicazione del modello, possono portare a modificare i parametri iniziali di ingresso del modello.

Implementazione del modello concettuale nel codice di calcolo

Il flusso di falda, in un modello numerico è descritto dalle equazioni di governo: per definirle si consideri un volume di controllo rappresentativo di terreno saturo.

Sia x la componente parallela alle linee di flusso, y quella trasversale e z quella verticale: il gradiente del potenziale idraulico h corrisponde alla velocità di Darcy lungo le tre direzioni x , y , z . Nell'ipotesi che x , y e z corrispondano agli assi principali di permeabilità e che questi siano tra loro ortogonali si può affermare che la velocità del flusso corrisponde al prodotto della permeabilità nella direzione considerata moltiplicata per il gradiente idraulico lungo la stessa direzione (Francani, 2000):

$$V_x = -k_x \frac{\delta h}{\delta x} \quad V_y = -k_y \frac{\delta h}{\delta y} \quad V_z = -k_z \frac{\delta h}{\delta z}$$

dove

V_x , V_y , V_z sono i valori di velocità di Darcy (L/T)

K_x , k_y , k_z sono i valori di conducibilità idraulica lungo gli assi x , y e z che si assume siano paralleli alle principali direzioni di conducibilità idraulica del sistema (L/T)

h è il gradiente idraulico (L)

E' possibile quindi calcolare la portata (Q_x) che attraversa la superficie ortogonale all'asse x avente lati dy e dz :

$$Q_x = \left(-k_x \frac{\delta h}{\delta x} \right) dydz$$

Il bilancio tra le portate entranti ed uscenti dalla superficie opposta a quella considerata è dato da:

$$\frac{\delta Q_x}{\delta x} = dydz \frac{\delta}{\delta x} \left(-k_x \frac{\delta h}{\delta x} \right)$$

La stessa relazione può essere applicata alle rimanenti quattro superfici del volume.

Regime stazionario

Se nel volume di controllo non vi è variazione di volume dell'acqua immagazzinata, ci si trova in regime stazionario e l'equazione di continuità assume la forma seguente:

$$\frac{\delta Q_x}{\delta x} + \frac{\delta Q_y}{\delta y} + \frac{\delta Q_z}{\delta z} = 0 \quad \text{ovvero} \quad \frac{\delta}{\delta x} \left(-k_x \frac{\delta h}{\delta x} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(-k_y \frac{\delta h}{\delta y} \right) + \frac{\delta}{\delta z} \left(-k_z \frac{\delta h}{\delta z} \right) = 0$$

Regime transitorio

Quando invece nello stesso volume di terreno si registra una variazione del volume d'acqua in esso contenuto, si parla di regime transitorio e si dovrà aggiungere una componente di afflusso che garantisca l'identità tra le portate entranti e quelle uscenti:

$$\frac{\delta Q_x}{\delta x} + \frac{\delta Q_y}{\delta y} + \frac{\delta Q_z}{\delta z} \pm Q_i = 0 \quad \text{ovvero} \quad \frac{\delta}{\delta x} \left(-k_x \frac{\delta h}{\delta x} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(-k_y \frac{\delta h}{\delta y} \right) + \frac{\delta}{\delta z} \left(-k_z \frac{\delta h}{\delta z} \right) \pm S_s \frac{\delta h}{\delta t} = 0$$

dove

S_s è l'immagazzinamento specifico (T^{-1})

t è il tempo (T)

Nelle falde libere, l'aumento o la diminuzione del volume d'acqua è legato direttamente alla variazione di carico idraulico, mentre in quelle confinate l'accumulo o la perdita di acqua è reso possibile dalle proprietà elastiche del mezzo poroso e dalla compressibilità dell'acqua, dipende quindi dal coefficiente di immagazzinamento specifico S_s .

Codice di calcolo: MODFLOW

MODFLOW (Harbaugh & McDonald, 1988) è un codice di calcolo sviluppato dallo USGS (United States Geological Survey). È il codice di calcolo più diffuso, documentato e collaudato; è inizialmente nato per essere implementato in ambiente DOS, tuttavia, nel caso di realizzazione modelli particolarmente estesi e complessi, è indispensabile ricorrere ad un'interfaccia grafica che lo supporti come Groundwater Vistas (GWV), utilizzata nel caso in esame.

Il movimento tridimensionale delle acque sotterranee a densità costante e attraverso terreni caratterizzati da permeabilità primaria e dove si considerano anche flussi entranti o uscenti dal sistema, può essere descritto dall'equazione:

$$\frac{\delta}{\delta x} \left(-k_x \frac{\delta h}{\delta x} \right) + \frac{\delta}{\delta y} \left(-k_y \frac{\delta h}{\delta y} \right) + \frac{\delta}{\delta z} \left(-k_z \frac{\delta h}{\delta z} \right) \pm S_s \frac{\delta h}{\delta t} + W = 0$$

Dove W è il flusso per unità di volume rappresentante sorgente o catture d'acqua (T^{-1})

Questa equazione assieme con la definizione di una condizione iniziale, costituisce una rappresentazione matematica di un sistema idrogeologico.

Tranne che per alcuni sistemi molto semplici, però, sono raramente possibili soluzioni analitiche dell'equazione precedente, così come sono stati impiegati diversi metodi numerici per ottenere delle soluzioni approssimate. Uno di questi metodi è l'approccio alle differenze finite in cui il sistema continuo descritto dall'equazione di flusso viene sostituito da un insieme finito di punti discreti nello spazio e nel tempo e le derivate parziali sono sostituite con valori calcolati dalle differenze finite in questi punti. Il processo conduce a sistemi di equazioni algebriche differenziali, lineari, simultanee; le loro soluzioni sono i valori di carico in punti e tempi specifici. Questi valori costituiscono una approssimazione della distribuzione dei carichi in funzione del tempo che sarebbe stata restituita da una soluzione analitica dell'equazione semi-differenziale del flusso.

Assunzioni

La rappresentazione di un sistema idrogeologico in MODFLOW avviene secondo una discretizzazione del sistema in un reticolo di blocchi delle *celle* le cui localizzazioni vengono descritte in termini di *righe*, *colonne* e *strati* o *layers*. Viene utilizzato un sistema di indicizzazione i , j , k per cui un sistema caratterizzato da $NROV$ (righe), $NCOL$ (colonne) e $NLAY$ (strati), i sarà l'indice delle righe, j sarà l'indice delle colonne e k sarà l'indice degli strati.

Nel formulare le equazioni del modello, gli strati vengono generalmente assunti come corrispondenti all'orizzontalità delle unità idrogeologiche mentre righe e colonne rappresentano due direzioni ortogonali tra loro all'interno degli strati.

In ogni cella è presente un *nodo* in corrispondenza del quale viene attribuito il valore di carico calcolato; possono essere usati molti schemi per localizzare i nodi nelle celle; l'equazione delle differenze finite usa la formulazione *block-centered*, in cui il nodo è al centro della cella.

Nello sviluppo dell'equazione del flusso, approssimata alle differenze finite, il reticolo in MODFLOW si assume rettangolare orizzontalmente e verticalmente. In realtà sono possibili distorsioni degli strati e quindi delle superfici delle singole celle per meglio simulare le geometrie dei complessi idrogeologici, mentre i lati delle celle restano sempre verticali.

Processo di modellazione

Preprocessing

Ai fini della risoluzione dell'equazione generale del flusso nel mezzo saturo è necessario specificare le condizioni a contorno del dominio modellato e nel caso di simulazioni in stato transitorio, le

condizioni iniziali. La definizione dell'area di studio comporta la distinzione tra il dominio del modello e i sistemi adiacenti. Conseguentemente si individuano dei limiti con un ben preciso significato idrogeologico tra il dominio del modello ed il resto del sistema. Questi limiti sono localizzati ai bordi del modello e in tutti quei punti dove sono presenti influenze esterne sul sistema, quali fiumi, pozzi, *reservoir* perdenti... I criteri per definire le condizioni idrauliche ai limiti sono legati alla topografia, all'idrologia ed alla geologia dell'area di studio. Questi limiti possono portare alla individuazione di limiti come strati impermeabili, superfici piezometriche controllate dalle acque superficiali, aree di ricarica o recapito, flussi entranti lungo i bordi pedemontani degli acquiferi... Una volta individuati i limiti, la definizione delle condizioni al contorno nel processo di modellazione consiste nell'assegnare una particolare assunzione matematica che specifica appropriate condizioni idrauliche (generalmente o il carico idraulico o il flusso attraverso il limite) a ciascuno di essi.

La definizione delle condizioni al contorno è necessaria per garantire l'unicità della soluzione e della risposta del modello all'equazione di flusso. Infatti, lo specificare i flussi comporta il calcolo dei carichi idraulici, mentre definire i carichi idraulici implica il calcolo dei flussi in entrata o in uscita non noti. A ciascun limite, per tutta la sua estensione viene assegnata una sola condizione al contorno, che può variare nel tempo. I limiti cui assegnare le condizioni al contorno possono essere distinti in limiti fisici e fittizi. I limiti fisici sono rappresentati matematicamente utilizzando tre tipologie di condizioni al contorno:

1. a carico costante;
2. a flusso imposto;
3. a flusso dipendente dal carico.

La condizione a carico costante o potenziale imposto (condizione di I tipo o di Dirichlet, *specified/prescribed head boundary*) specificando il carico idraulico, è quella che più influenza la soluzione del modello. Tali limiti individuano una interfaccia tra le acque sotterranee ed un corpo idrico, superficiale (come il mare, fiumi, laghi) o sotterraneo (un pozzo con abbassamento fisso) il cui carico sia conosciuto (Figura 6.25)

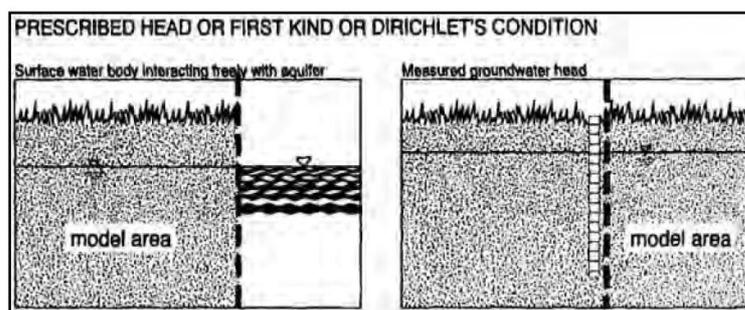


Figure 6.25 Rappresentazione schematica della condizione del I tipo, o di Dirichlet

Le condizioni a flusso imposto (condizione di II tipo o di Neumann, prescribed flux boundary) definiscono limiti attraverso i quali è specificato il flusso in entrata o in uscita dal modello (Superfici di infiltrazione e/o evaporazione, limiti di ricarica, pozzi aventi una portata costante..., Fig. 6.26)

La condizione di flusso nullo (no-flux boundary), in cui il flusso è uguale a zero, è un tipo speciale di limite a flusso imposto. Tale limite è identificato da linee di flusso, contatti tra unità idrogeologiche permeabili e impermeabili, faglie e spartiacque sotterranei (ig. Figura 6.26). Se la posizione del limite nel caso di un contatto geologico è fissa, può non esserlo nel caso di limiti dipendenti dal contesto idrogeologico quali spartiacque sotterranei o linee di flusso. Una volta accertato che tale limite non varia durante la simulazione, spartiacque sotterranei e linee di flusso possono essere rappresentati come limiti a flusso nullo.

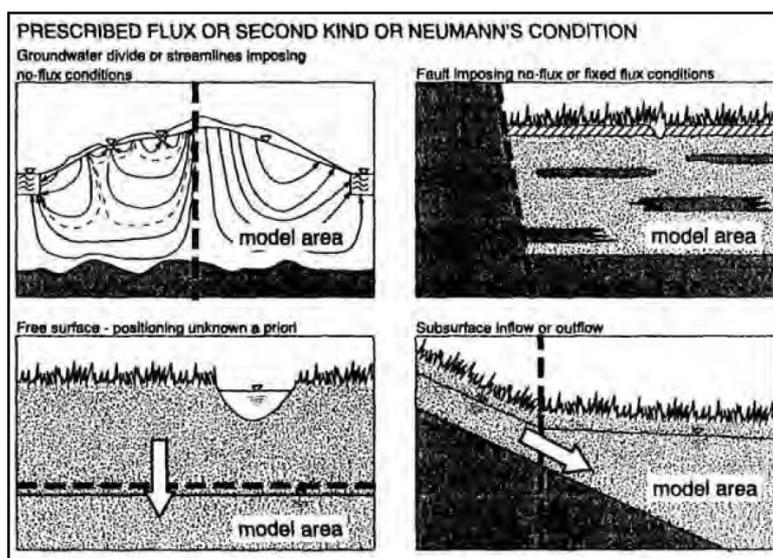


Figure 6.26 Rappresentazione schematica della condizione del II tipo, o di Neumann

La condizione a flusso dipendente dal carico (condizione di III tipo o di Cauchy, head-dependent flow boundary, limite di tipo misto o semipermeabile) è utilizzata per rappresentare il drenaggio tra acquiferi e da corpi idrici superficiali, quando gli scambi d'acqua tra l'acquifero ed il corpo idrico superficiale dipendono dalla differenza di carico tra le acque superficiali e quelle sotterranee (Fig. 6.27). Tali condizioni di flusso, si verificano ad esempio, se il letto di un corso d'acqua si comporta come una membrana semipermeabile tra il corso d'acqua stesso e l'acquifero.

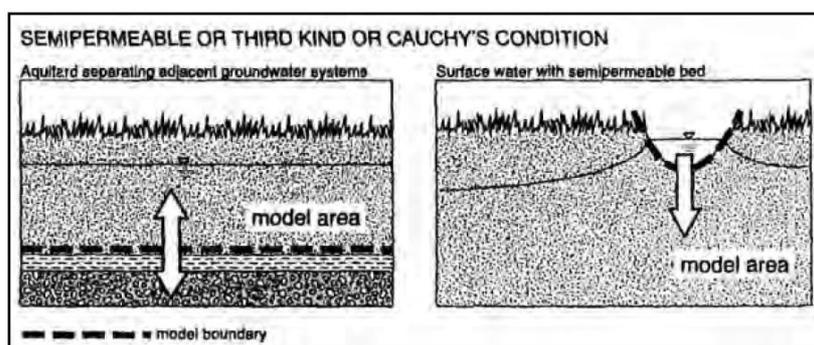


Figure 6.27 Rappresentazione schematica della condizione del III tipo, o di Cauchy

I limiti fittizi sono invece utilizzati in assenza di limiti idrogeologici “reali” e vengono posti allontanandoli arbitrariamente dal centro della griglia, laddove si ritiene che non possono essere raggiunti dalle sollecitazioni idrologiche che caratterizzano il sistema. I limiti fittizi vengono preferibilmente rappresentati tramite condizioni al contorno che non siano di tipo “forte” quali condizioni del tipo III. Nei casi in cui i limiti naturali sono a grande distanza rispetto all’area da modellare, è possibile porre il limite utilizzando una condizione a carico costante estrapolata o reale. Le condizioni iniziali definiscono la distribuzione delle piezometriche (o nel caso delle concentrazioni) dell’intero dominio del modello al tempo $t=0$. Generalmente si utilizzano valori derivanti da rilevamenti in campagna, ma è possibile supplire alla mancanza di questi basandosi su stime o su risultati ottenuti da simulazioni precedenti. La definizione delle condizioni iniziali può semplificare la soluzione di problemi nello stato stazionario, avendo la funzione di “stima” iniziale dei valori delle piezometriche per i calcoli numerici. Una buona stima delle condizioni iniziali può ridurre i tempi della simulazione drasticamente. I valori iniziali delle piezometriche possono inoltre essere utilizzati per valutare gli abbassamenti, come misura della differenza tra essi e le piezometrie calcolate. La definizione delle condizioni iniziali nelle simulazioni in stato transitorio è invece di vitale importanza, poiché fornisce la base per il calcolo delle piezometrie nei passi di tempo successivi. Errori presenti nella definizione delle condizioni iniziali si propagheranno nella simulazione dando luogo a soluzioni poco realistiche.

Processing-Postprocessing

Durante questa fase viene risolta l’equazione del flusso in tre dimensioni. Il metodo con cui il codice di calcolo risolve l’equazione può essere scelto individuato tra i diversi risolutori disponibili.

I dati di output derivati dal calcolo del risolutore vengono scritti su file specifici per essere poi visualizzati da interfacce grafiche.

Tutto il processo di calcolo viene sintetizzato invece nel *LIST file*, un file di testo che riporta tutti i dati di input e output del modello, le osservazioni, le fasi di calcolo (iterazioni) e i risultati che vengono confrontati con le osservazioni inserite nella fase di implementazione, fornendo la discrepanza tra l'osservato e il simulato oltre che informazioni circa il bilancio di massa del modello. Tramite le interfacce grafiche i risultati possono essere visualizzati sia come dati spaziali, visualizzando le linee isofreatiche e potenziometriche, le linee di uguale abbassamento della tavola d'acqua (*drawdown*), sia come grafici riportanti i valori relativi al *fitting* del modello.

In base al confronto tra i dati simulati e osservati in questa fase possono essere inoltre condotte analisi di sensitività dei parametri del modello. Ovvero la simulazione viene fatta girare "perturbando" i dati di input dei parametri osservando cosa cambia nella soluzione finale rispetto alle singole osservazioni e quindi vengono segnalate quelle osservazioni che forniscono più informazioni per la stima dei parametri.

Limiti

Uno dei limiti del modello è che è stato realizzato per simulare il flusso dei soli mezzi a permeabilità primaria e non quella secondaria; di questo limite si deve tener conto quando si stabilisce la scala di applicazione e la grandezza delle celle per trovare un compromesso.

Un altro limite del modello è che non è in grado di simulare il trasporto dei fluidi né la loro densità; per la simulazione del fenomeno dell'intrusione marina nell'acquifero sotterraneo, nel caso in esame, è necessario ricorrere ad altri modelli come SEAWAT.

Interfaccia utente: Ground Water Vistas V.5

Ground Water Vistas (GWV) prodotto da ESI (Environmental Simulation Incorporated) è una interfaccia che permette di creare la discretizzazione del proprio modello vedendo direttamente la griglia su una finestra di lavoro. Permette inoltre di aggiungere files del tipo: shp, .dxf, file di testo x, y, z e immagini proiettando il modello in un sistema di coordinate definito dall'utente.

7. ESERCIZIO E MANUTENZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO

7.1 Protocolli di raccolta ed elaborazione dei dati quali-quantitativi provenienti dalla rete di monitoraggio

Una rete tecnologica di monitoraggio è un insieme di nodi dotati di CPU, memoria, radiotrasmettitore e sensori che effettuano delle misurazioni ambientali e le trasmettono ad un punto di raccolta, il quale poi le inoltra ad un sistema di elaborazione remoto. In quest'ottica, nella provincia iblea sono stati incrementati i sondaggi ambientali (piezometri) attrezzati con sonde multiparametriche dotate di diversi sensori con lo scopo di monitorare in continuo il livello di falda ed alcuni parametri chimico fisici: temperatura, pH, conducibilità elettrica, potenziale redox, ossigeno disciolto e nitrati.

I sistemi periferici per il monitoraggio ambientale così costituiti, avendo a disposizione un modulo di trasmissione dei dati, si prestano ad essere inseriti in un contesto di rete di telesorveglianza del territorio. Un monitoraggio in continuo dei suddetti parametri consentirebbe di allertare le autorità competenti per le individuazioni delle cause di fenomeni importanti (esempio: sversamento in falda dovuto alla rottura di un oleodotto, rottura delle guaine di impermeabilizzazione di una discarica, ecc.) e per la messa in atto degli interventi per il controllo e la riduzione del fenomeno di inquinamento.

Le stazioni attrezzate possono trasmettere i dati con una cadenza reimpostata e programmabile (tre ore), sia ai datalogger sia all'area FTP locale del PC centrale localizzato presso la provincia di Ragusa, nel quale è stato installato un software per la gestione di tutta la rete di siti monitorati che viene gestita dalla provincia di Ragusa. Tale schedulazione, sebbene troppo fitta per il significato geologico delle misurazioni, è utile per il controllo della funzionalità degli impianti potendo, in tal modo, quasi in tempo reale, individuare un malfunzionamento su una determinata stazione e potere avviare l'attività di sopralluogo-verifica-ripristino mirata.

Le varie stazioni di monitoraggio assicurano la completa sostenibilità energetica in quanto dotati di sistema integrato pannello fotovoltaico- batteria che evita, rispettando l'ambiente, la necessità di prelievo di energia dalla rete pubblica riducendo, in tal modo, anche i costi di esercizio. Le stazioni, inoltre, sono dotate di memoria tampone locale per cui, se dovesse verificarsi una temporanea disfunzione nell'invio dei dati, alle prefissate scadenze, all'area ftp del server di raccolta, gli stessi non andranno persi ma, saranno memorizzati ed inviati non appena ripristinate le condizioni di trasmissione.

I suddetti parametri potranno essere consultabili online e immediatamente disponibili per effettuare valutazioni di tipo quantitativo (livelli di falda) e di tipo qualitativo (temperatura, pH, conducibilità elettrica, potenziale REDOX e ossigeno disciolto). La valutazione del livello di falda, può consentire

la ricostruzione delle linee isopiezometriche degli acquiferi e permettere di effettuare una stima della loro potenzialità.

L'andamento dei livelli di falda, in relazione all'andamento pluviometrico rilevato tramite la reti di monitoraggio gestite dal Servizio Informativo Agrometeorologico delle Regione Siciliana <http://www.sias.regione.sicilia.it/> e dall'Osservatorio delle Acque del Dipartimento Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità <http://www.osservatorioacque.it/>, può consentire di valutare la ricarica naturale degli acquiferi e di dare indicazioni per un loro gestione sostenibile ai fini di ridurre il sovrasfruttamento.

Il monitoraggio della temperatura lungo il profilo degli acquiferi può consentire di individuare eventuali interazioni tra falde superficiali e falde profonde e in caso della presenza di elevati gradienti termici evidenziare il fenomeno dell'intrusione marina. Tale fenomeno sarebbe peraltro valutabile anche nel caso della presenza di un significativo gradiente dei valori di conducibilità elettrica dell'acqua. Tale valore che fornisce una misura indiretta della concentrazione totale dei sali disciolti nell'acqua, correlato ai valori di concentrazione di cloruri (da misurare in laboratorio su campioni d'acqua prelevati dai piezometri) consentirebbe di valutare, nel caso di punti di campionamento posti in prossimità della costa, l'entità del fenomeno di intrusione marina.

Le misure di pH, insieme ai valori del potenziale redox e dell'ossigeno disciolto consentono di fornire indicazioni sulla qualità delle acque di falda. Infatti valori molto elevati del potenziale redox ovvero riduzione dei valori di pH (< 4) e ossigeno disciolto ($< 20-30\%$) sono degli indicatori del livello di contaminazione o di alterazioni chimiche, fisiche o biologiche delle acque sotterranee tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale o costruito.

Si potrebbe effettuare un rilievo della conducibilità elettrica a diverse profondità, come fatto in Moriso 1.0, per poter evidenziare la localizzazione del cuneo salino nei sondaggi ambientali.

I dati, in Moriso 2.0, verranno acquisiti due volte al giorno e consentiranno di poter effettuare le opportune elaborazioni nonché di realizzare dei grafici utili a monitorare l'andamento dei parametri, acquisiti, nel tempo.

Al fine di eliminare errori legati al rilievo del dato sarà necessario tarare in maniera opportuna la strumentazione. In particolare, per l'intera durata del progetto e con frequenza bimestrale, i dati rilevati dalle sonde saranno verificati mediante prelievo e analisi di laboratorio di campioni di acqua o misura in situ dei medesimi parametri.

I parametri chimico-fisici nelle acque verranno determinati secondo i "Metodi Ufficiali per le acque APAT-IRSA-CNR" 29/2003.

Inoltre su un numero limitato di campioni prelevati da acquiferi utilizzati per uso potabile ovvero potenzialmente utilizzabili per tale scopo, verranno ricercati alcuni principi attivi di prodotti fitosanitari coerentemente alle linee guida approvate da ISPRA-ARPA-APAT nel 2011 e contenute nel documento “Definizione delle liste di priorità per i fitofarmaci nella progettazione del monitoraggio delle acque di cui al D.Lgs 152/2006 e s.m.i.

L’attività di monitoraggio, infatti, consente di fornire utili indicazioni per una valutazione dello stato qualitativo delle risorse idriche sotterranee in riferimento a quanto previsto dalla normativa vigente per la loro tutela. In particolare, la nuova legislazione europea in materia di acque, che ha nella direttiva quadro 2000/60/CE (WFD) lo strumento normativo di riferimento e nella direttiva 2006/118/CE (GWD), la norma specificatamente dedicata alle acque sotterranee, in campo nazionale è stata recepita con l’emanazione del D.Lgs. 30/2009 e con il Decreto 260/2010. Tra gli obiettivi di qualità ambientale previsti nel Decreto Legislativo n. 30/2009 è compresa la valutazione dello stato chimico dei corpi idrici sotterranei attraverso l’applicazione di standard di qualità ambientale e valori soglia che vengono individuate nelle tabelle 2 e 3 della parte A del suddetto Decreto.

7.2 Protocolli di manutenzione ordinaria e straordinaria della rete di monitoraggio

Il monitoraggio degli acquiferi più significativi del territorio ibleo è stato effettuato mediante una rete tecnologica implementata con strumentazione Nesa srl, che realizza sistemi per monitoraggi ambientali e telecontrolli. Questa strumentazione è stata appositamente studiata e assemblata per applicazioni di monitoraggio e misura dei parametri chimico – fisici dell’acqua da effettuare contemporaneamente in più sondaggi ambientali e sorgenti diversi tra loro per locazione e/o tipologia. Tutte queste misure sono acquisite, visualizzate e gestite da un unico punto, tramite un apposito datalogger (Nesa TMF) che permette anche di controllare eventuali superamenti di soglia preimpostabili su ciascuna misura.

Al datalogger, è possibile collegare contemporaneamente fino a 10 sonde multiparametriche (ciascuna con un massimo di 7 parametri, ad esempio: pH, Conducibilità, Redox, Temperatura, Livello, Ossigeno, Torbidità) disposte in parallelo o connesse a stella tramite interfaccia RS485, ad una distanza massima dal datalogger di circa 1000 m.

Il sistema così costituito, viene programmato per raccogliere in modo autonomo i dati di ciascuna sonda, monitorarli, registrarli nel datalogger TMF ed inviarli al centro di visualizzazione/archiviazione (area FTP), con la possibilità di generare automaticamente, direttamente da datalogger, degli allarmi di attuazione (comando relè per avviso sonoro o visivo,

oppure per avvio pompe o comando chiuse) o degli allarmi SMS ad una lista di numeri predefinita (con il testo dell'SMS programmabile).

Nel centro di raccolta dati viene installato un applicativo web che oltre ad implementare un database di archiviazione storica di tutti i dati acquisiti anche da più impianti (fino a 1000 sonde), consente la visualizzazione/gestione di tutti i dati numerici e grafici tramite semplici pagine web permettendo di estrarre specifiche informazioni da analizzare che possono essere inviate sottoforma di report Pdf o Excel® via mail a più destinatari.

L'accesso alle pagine web può essere protetto e limitato alla sola rete intranet o internet in modo da poter essere consultabile ovunque e in qualsiasi momento.

Le sonde multiparametriche (Nesa WMP), utilizzate nella rete, dispongono di una sofisticata elettronica interna in grado di gestire ogni singolo elettrodo di misura applicando le correzioni necessarie secondo i parametri di calibrazione. Ciascuna sonda è in grado di acquisire sino a 7 misure tra cui: pH, Conducibilità, Redox, Ossigeno, Temperatura, Livello e Torbidità, a seconda del modello. L'interfacciamento dei segnali avviene tramite linea RS485 che, con opportuno amplificatore di segnale, può essere esteso fino a 1000 m di distanza dal datalogger di acquisizione.

Ogni sonda può essere collegata in parallelo alla stessa linea (unico cavo) oppure disposta con un collegamento a stella rispetto al datalogger, che si occuperà dell'alimentazione e della gestione della comunicazione per ciascuna sonda.

Lo stesso datalogger gestisce autonomamente le sonde, interrogando ogni parametro di ciascuna sonda. Tutte le misure vengono costantemente registrate ad intervalli programmabili (minimo 1 dato al minuto) e sono disponibili sia nella memoria interna al datalogger che in quella USB asportabile. I dati vengono facilmente convertiti in formato Excel (tramite applicativo web in dotazione) per essere successivamente gestiti ed elaborati.

I dati istantanei possono essere visualizzati in tempo reale sia attraverso apposito display, sia tramite un collegamento via web al datalogger dove è possibile monitorare l'andamento delle misure in formato numerico e grafico, sia collegandosi all'area FTP del centro di raccolta.

Quindi il sistema così composto, consente una configurazione/programmazione sia in locale che da remoto, disponendo di un browser internet e collegandosi tramite un cavo di rete al datalogger stesso (o via GPRS/UMTS) per interagire e vedere i dati di tutte le sonde e/o i grafici di alcune misure.

Per il corretto funzionamento della rete tecnologica risulta indispensabile predisporre delle indicazioni relative alla manutenzione da attuare sulle diverse componenti che costituiscono la rete.

In particolare la manutenzione si articolerà in diverse forme:

- manutenzione preventiva necessaria a conservare in perfetta efficienza il sistema comprendente tutte le operazioni di periodica revisione e controllo della strumentazione;
- manutenzione correttiva necessaria per ripristinare la funzionalità del sistema a fronte di eventuali avarie o guasti allo stesso od ai singoli componenti costitutivi, che si venissero a verificare per cause comunque non imputabili al non corretto esercizio della manutenzione ordinaria;
- manutenzione integrativa, che prevede una serie di servizi che permettono di massimizzare l'efficienza complessiva del sistema, migliorandola nel tempo, minimizzando i tempi di fuori servizio complessivi;
- manutenzione straordinaria da prevedersi al bisogno per interventi straordinari non ricadenti nell'ambito dei servizi di manutenzione ordinari precedenti;
- manutenzione adeguativa da prevedersi al bisogno per interventi adeguativi non ricadenti nell'ambito dei servizi di manutenzione ordinari precedenti.

La manutenzione preventiva comprende quindi tutte le operazioni di periodica revisione, messa a punto e controllo e tutto ciò che serve per mantenere il sistema di monitoraggio in perfetta efficienza. Per applicare la manutenzione preventiva occorre realizzare un calendario in cui vengono fissate le visite programmate e i controlli alle apparecchiature ed ai siti con cadenza periodica. In particolare per l'ispezione di tutte le apparecchiature quali stazioni, ripetitori, centrali di acquisizione dei dati principali, centrali secondarie, postazioni terminali di visualizzazione ed elaborazione dei dati è opportuno fissare una cadenza periodica semestrale.

Per quanto riguarda le stazioni, le attività di manutenzione preventiva devono essere effettuate sulle:

- opere civili (zona di impianto, capannine, strutture ospitanti i sensori, impianti elettrici, eventuali recinzioni,...);
- apparecchiature di misura (pannelli solari, batterie, sensori);
- apparecchiature di ricetrasmisione (parametri di funzionamento, puntamento delle antenne).

Lo scarico della memoria locale dei datalogger presenti nella rete tecnologica di monitoraggio è un'operazione di manutenzione preventiva che potrebbe essere fissata con cadenza annuale, ma può utilmente essere effettuata in concomitanza delle visite programmate per il controllo delle apparecchiature (cadenza semestrale).

Per quanto riguarda i ripetitori la manutenzione può essere fissata con la medesima cadenza temporale fissata per le stazioni e consisterà nella verifica dell'integrità e della funzionalità della strumentazione meccanica ed elettronica, nonché nella cura e manutenzione minuta delle apparecchiature ed opere accessorie.

In merito alle centrali di acquisizione dei dati principali e le centrali secondarie, la manutenzione preventiva comprende, con una cadenza temporale semestrale, la verifica dello stato generale del centro e dei singoli apparati, la pulizia dei computer, la verifica delle funzionalità degli apparati radio, la verifica del corretto funzionamento dei programmi di gestione e visualizzazione dei dati ambientali, il backup dei dati; l'aggiornamento, ove richiesto o se necessario, delle configurazioni e delle release dei software di gestione e visualizzazione dei dati ambientali, la verifica finale dell'acquisizione dei dati e corretto aggiornamento degli stessi su tutti i programmi interessati.

Infine, per la perfetta efficienza del sistema, occorre prevedere una manutenzione preventiva con cadenza semestrale, sulle postazioni terminali di visualizzazione ed elaborazione dati (compresi i pc portatili) per la verifica dello stato generale, la pulizia dei computer, la verifica del corretto funzionamento dei programmi di gestione e visualizzazione dei dati ambientali, il backup dei files, l'eventuale aggiornamento delle configurazioni e delle release dei software utilizzati, la verifica finale dell'acquisizione dei dati e il corretto aggiornamento degli stessi.

Oltre alla manutenzione preventiva occorre prevedere una manutenzione correttiva con lo scopo di ripristinare le anomalie al sistema od ai singoli componenti anche attraverso la riparazione e/o sostituzione di parti o di apparati non più funzionanti a causa del normale logoramento o ad una non accurata manutenzione preventiva.

Inoltre, per massimizzare l'efficienza complessiva del sistema è possibile effettuare una manutenzione integrativa grazie alla collaborazione dei superutenti che qualora si accorgessero di una anomalia nelle rete potranno comunicare la tipologia di guasto; in questo modo possono essere minimizzati i tempi di fuori servizio complessivi migliorando nel tempo l'efficienza del sistema.

Per quanto riguarda la manutenzione straordinaria, essa verrà effettuata per interventi straordinari non ricadenti nell'ambito dei servizi di manutenzione ordinari, quindi per interventi non compresi nella manutenzione preventiva, correttiva ed integrativa della funzionalità e delle apparecchiature.

Per attuare un intervento di manutenzione straordinaria dovrà essere redatto uno specifico progetto di ripristino, completo di tempi di realizzazione e un preventivo di spesa da formularsi sulla base degli importi unitari per effettuare tali interventi ogni qualvolta sia necessario. Il progetto di ripristino dovrà anche indicare il numero di giornate di tecnici che si intendono impiegare per l'intervento proposto. Le cause ed eventi in conseguenza dei quali il ripristino delle apparecchiature viene a considerarsi come manutenzione straordinaria principali sono: furto, rapina, incendio, danni da eventi atmosferici, sisma, atti vandalici, danni incidentalmente provocati da terze persone e da animali, sabotaggio, tumulti, sommosse, fulminazioni, atti di terrorismo e sabotaggio organizzato.

Infine, bisogna anche prevedere una manutenzione adeguativa, in cui rientrano tutti gli interventi che si rendono necessari, dopo la consegna dei lavori, al fine di migliorare l'efficacia, le prestazioni e la significatività delle misure.

Gli interventi possono riguardare sia gli strumenti di misura, sia le altre apparecchiature del sistema, nonché le misure di adeguamento complessivo delle postazioni; rientrano nella manutenzione adeguativa anche lo smontaggio e la rilocalizzazione delle apparecchiature già installate, comprensive delle opere infrastrutturali.

Per effettuare una corretta ed efficiente manutenzione nella rete tecnologica implementata, occorre fornire maggiori indicazioni per quanto concerne la strumentazione che serve ad effettuare e gestire le misurazioni di monitoraggio ambientale (sonde multiparametriche e datalogger).

7.2.1 Sonda multiparametrica: caratteristiche tecniche e manutenzione

La sonda multiparametrica mod.WMP7 NESA, utilizzata, ha le seguenti caratteristiche:

- misura fino a 7 parametri simultaneamente;
- è adatta per acque chiare o semitorbide;
- è interfacciabile con PC o datalogger;
- presenta una struttura compatta in pvc;
- ha sensori facili da sostituire;
- è utilizzabile sino a 20m di profondità;
- è facile da pulire e mantenere.

La sonda multiparametrica, per effettuare il monitoraggio ambientale nell'ambito del progetto Moriso 2, è stata provvista dei sensori di: livello freatico, conducibilità elettrica, ph, temperatura, Redox, Ossigeno disciolto, e nitrati.

Essa, inoltre, è provvista di memoria tampone in grado di conservare dati affinché questi, laddove non possono essere trasferiti alla centrale di raccolta, non siano perduti ma possano essere inviati al ritorno della connessione. La sonda è provvista di un trasduttore RS 485 che attraverso apposito cavo svolge le funzioni di collegamento telematico, sostegno della sonda e di compensazione barometrica, al sistema di raccolta e formattazione dei dati (datalogger). I sensori sono prodotti in regime di controllo qualità UNI EN ISO 9001. La sonda multiparametrica è costituita da un corpo cilindrico, avente diametro 70 mm, in materiale plastico inerte e resistente alla corrosione, sul quale sono montati gli elettrodi per le misure richieste, un'unità logica di conversione e misura dei segnali ed un'unità

per trasmettere i dati alla stazione periferica collegata in superficie o a distanza. Gli elettrodi sono ad innesto rapido e facilmente smontabili.

La sonda WMP7 è stata sviluppata proprio per il monitoraggio di falde acquifere, oltre che fiumi, laghi, mare, discariche ed impianti di depurazione o comunque acque chiare. Permette di effettuare un'analisi comparativa di diversi parametri simultaneamente, consentendone la lettura in tempo reale, la memorizzazione locale, o il trasferimento dei dati al centro di raccolta, tramite l'utilizzo del datalogger NESA mod. TMF100, via GSM, GPRS, UMTS, o via satellite.

Questa sonda multiparametrica quindi è adatta per il monitoraggio in campagne di misura, sia mediante postazioni mobili, sia fisse e per stazioni con controllo da remoto. Essa può gestire il proprio funzionamento in continuo, o a intervalli di acquisizione programmati.

Grazie alle dimensioni ridotte e all'utilizzo di materiali quali il PVC viene garantita una robustezza ed una elevata affidabilità meccanica, tali da renderla perfettamente adatta all'impiego in canne piezometriche di ridotto diametro, tipiche dei sondaggi ambientali.

Le sonde WMP7 possono operare fino a diversi livelli di profondità (20 - 350m) di colonna d'acqua. In Tabella 7.1 si riportano le caratteristiche tecniche delle sonde multiparametriche utilizzate nei sondaggi ambientali.

Tabella 7. 1 Caratteristiche tecniche della sonda WMP7 (Nesa)

Descrizione misura	Range	Precisione	Risoluzione
Livello	0 ... 20m	± 0,025m	0,002 m
Livello	0 ... 350m	± 0,35m	0,035 m
Livello (compensato)	0 ... 20m	± 0,010m	0,002 m
Temperatura	-5 ... +55 °C	± 0,15 °C	0,005 °C
Conducibilità	0 ... 6.000mS	± 0,25% v.m.	0.0006 mS
	0 ... 60.000mS	± 0,25% v.m.	0.006 mS
pH	-2...+16 pH	± 0.250pH	0.002 pH
Redox	-1000...+1000mV	± 25 mV	0.1 mV
Ossigeno disciolto	0 ... 20 ppm	± 0.1 ppm	0.001ppm
Torbidità	0 ... 4.000 NTU	± 5% v.m.	0.1 NTU
Altre caratteristiche			
Interfaccia	RS232/RS485		
Alimentazione	12Vdc esterni		
Peso	< 2000g		

Per operare con la sonda occorre disporre del seguente sistema:

- cavo di collegamento completo di connettore stagno per sonda con connettore DB25 per collegamento a terminale di servizio;
- terminale di servizio (datalogger Nesa o PC) per l'invio dei comandi e di ricezione dei dati e messaggi trasmessi attraverso la porta seriale.

L'installazione della sonda richiede le seguenti precauzioni:

- avvitare con cura il connettore del cavo a quello della sonda serrandolo a mano;
- anche nel caso di cavo portante utilizzare opportunamente il gancio di sicurezza di cui è provvista la sonda (Figura 7.1);
- evitare di immergere la sonda ad una profondità superiore a quella massima consentita, per evitare danni irreversibili alla sonda ed ai suoi sensori;

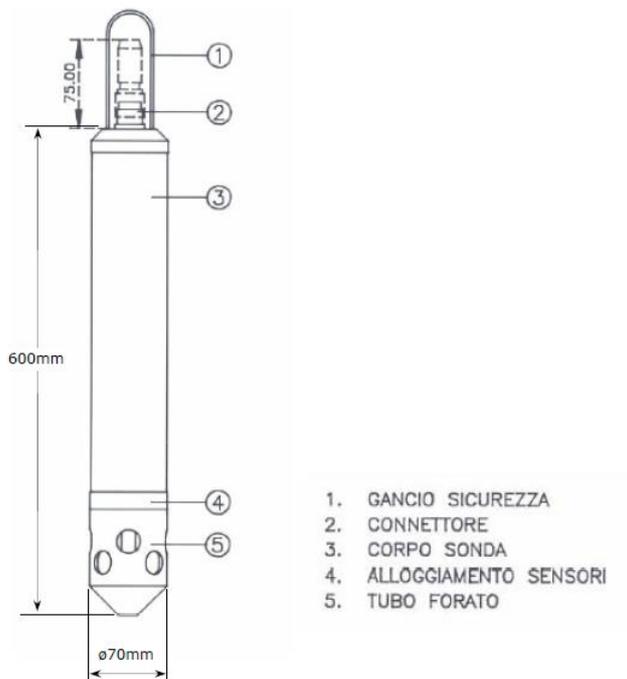
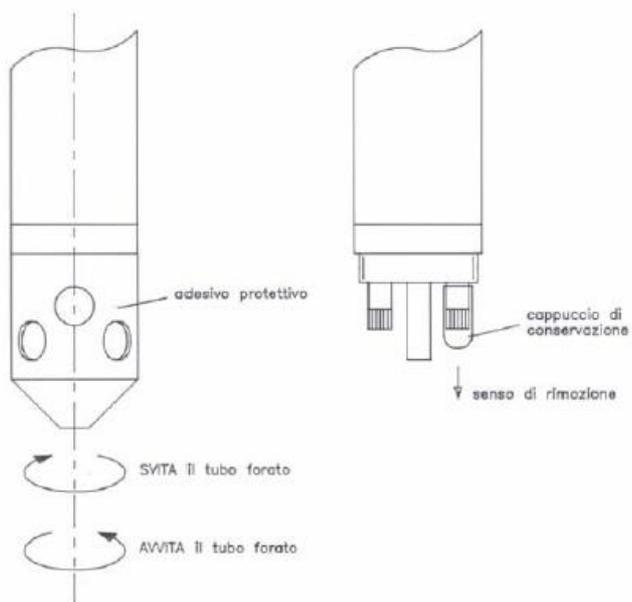


Figura 7.1 Dettaglio della sonda WMP7 (Nesa)

Prima di procedere alle operazioni di misura, in riferimento alla Figura 7. 2 ed alla Figura 7.3, occorre:

- rimuovere la protezione di plastica all'estremità della sonda e conservarla per rimetterla successivamente in caso di lunghi periodi di conservazione in magazzino;
- svitare il terminale forato;
- togliere i cappucci di conservazione dagli elettrodi di riferimento, di pH, di Redox e di ossigeno disciolto;
- conservare i cappucci per riutilizzarli in caso di immagazzinamento della sonda;
- riavvitare il tubo forato;
- immergere la sonda per almeno 30 minuti in un contenitore con acqua di rubinetto se i cappucci di conservazione dei sensori sono asciutti;

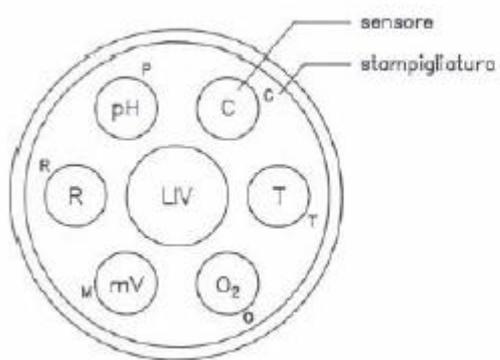
- immergere la Sonda nel liquido da misurare per almeno 5 minuti al fine di portarla alle condizioni di temperatura attuali del liquido stesso;
- accendere la sonda per almeno 5 minuti al fine di polarizzare la cella di ossigeno disciolto;



OPERAZIONI

1. Togliere l'adesivo protettivo
2. Svitare il tubo forato
3. Togliere i cappucci di conservazione (elettrodi Riferimento ed O₂)
4. Riavvitare il tubo forato

Figura 7.2 Preparazione per l'uso della sonda



VISTA LATO SENSORI

SIGLA	SENSORE	SIMBOLO
LIV	livello	
pH	pH	P
R	riferimento	R
mV	redox	M
O ₂	ossigeno d.	O
T	temperatura	T
C	conducibilita'	C

Figura 7.3 Posizionamento degli elettrodi di misura

Al termine delle misurazioni, prima di riporre la sonda ed in riferimento alla Figura 7. 2 ed alla Figura 7.3, è necessario:

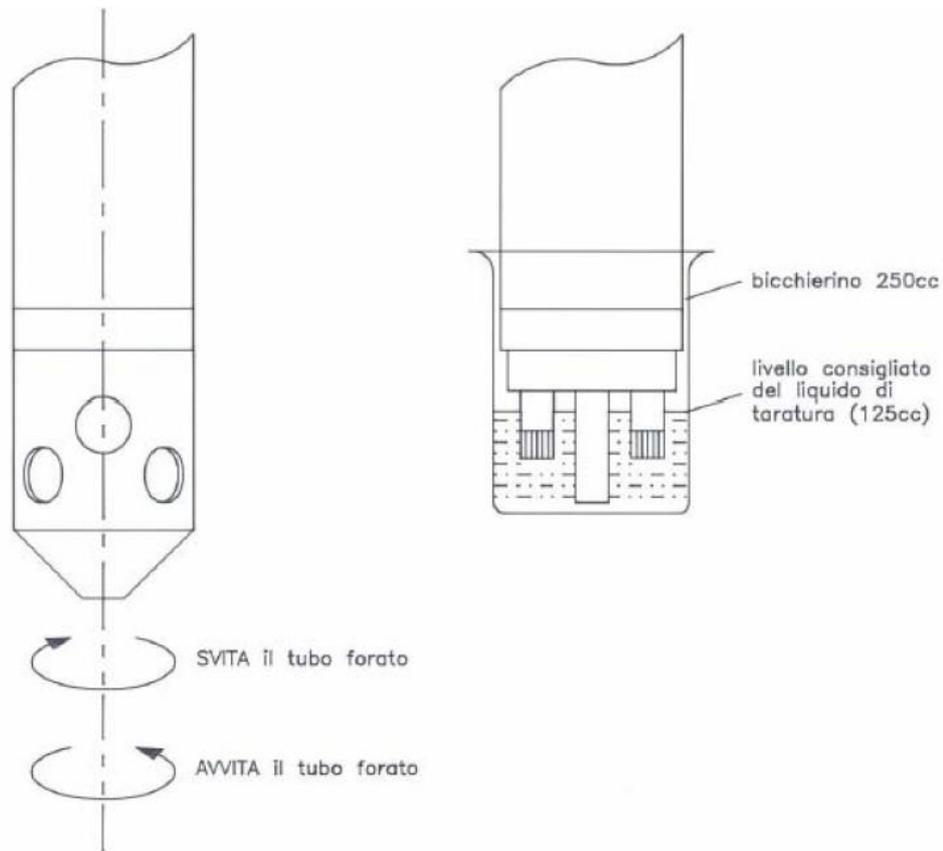
- controllare visivamente lo stato di pulizia dei sensori attraverso il tappo forato;
- svitare il tappo forato per una migliore analisi dello stato di pulizia dei sensori solo periodicamente oppure in caso di evidente stato di accumulo di sporco sui sensori stessi;
- sciacquare abbondantemente i sensori con acqua pulita, aiutandosi eventualmente con un pennello morbido per rimuovere residui, patine o corpi estranei;
- rimontare con cura il tappo forato (se è stato tolto) ed i cappucci di conservazione dei sensori, dopo averli riempiti di acqua di rubinetto;
- in caso di uso discontinuo della sonda, occorre seguire alcuni semplici accorgimenti per assicurare il corretto mantenimento delle caratteristiche dei sensori;
- è consigliabile mantenere la sonda in posizione verticale, con i sensori verso il basso;
- in ogni caso ripristinare le condizioni originali effettuando in senso inverso le operazioni descritte precedentemente;
- conservare la sonda in un luogo asciutto e protetto dagli sbalzi di temperatura.

Per effettuare una manutenzione ordinaria o straordinaria direttamente in fabbrica occorre rispettare la sonda con l'imballaggio originale, che quindi deve essere accuratamente conservato; infatti la sonda viene imballata con cura per il trasporto ordinario al fine di garantire la integrità dei sensori installati.

Per funzionare correttamente i sensori devono essere calibrati.

Le calibrazioni includono le operazioni di taratura dei sensori e di selezione dei parametri di funzionamento della sonda. Le sonde sono fornite con impostazione dei parametri di fabbrica e taratura di laboratorio dei sensori installati.

La scelta dei parametri di funzionamento è da considerarsi una operazione straordinaria principalmente nella fase di installazione. La taratura dei sensori è da considerarsi una operazione di manutenzione periodica ed ordinaria. Per effettuare le tarature periodiche dei sensori occorre riferirsi a quanto descritto nella Figura 7.4 che riporta le operazioni manuali da compiere e le modalità di immersione nel bicchierino contenente i liquidi campione.

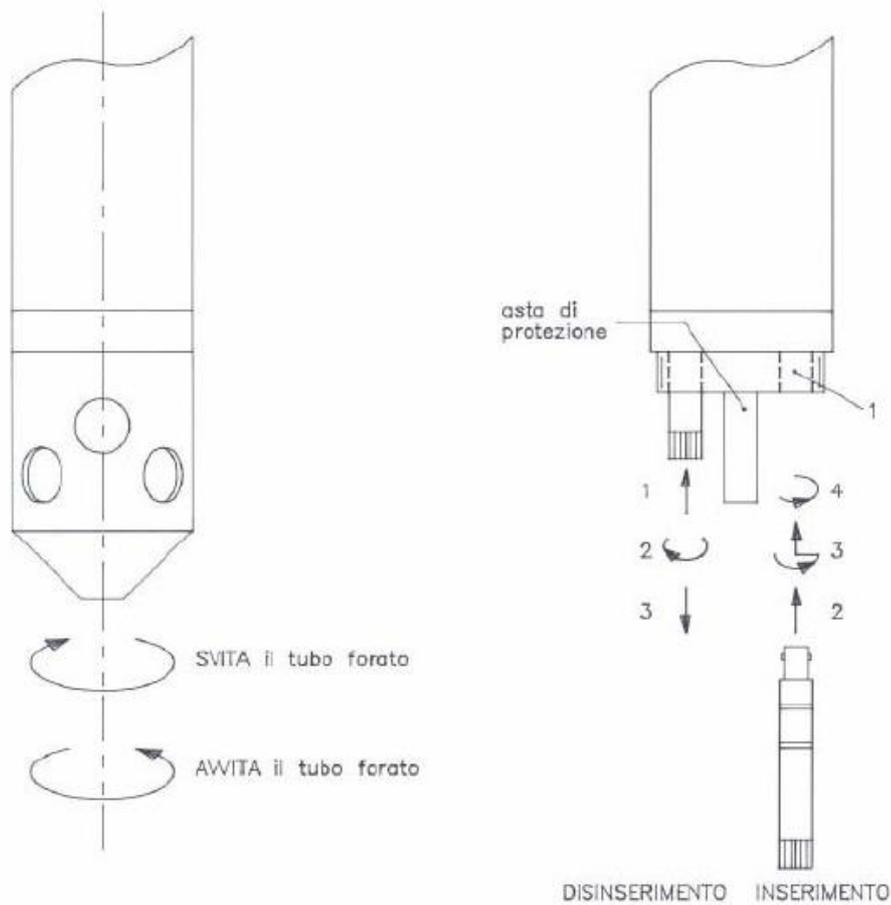


OPERAZIONI

1. Svitare il tubo forato
2. Controllare lo stato di pulizia dei sensori
3. Preparare un bicchierino con il liquido di taratura per il sensore specificato
4. Immergere la sonda nel bicchierino
5. Controllare che i sensori siano completamente immersi
6. Eseguire la taratura del sensore specifico
7. Rimontare il tubo forato

Figura 7.4 Taratura dei sensori

Per ogni tipo di misura occorrerà ripetere la stessa sequenza di operazioni, utilizzando i liquidi campione specifici della misura in oggetto. Se durante le operazioni di taratura fosse necessario sostituire alcuni sensori, occorrerà riferirsi alle indicazioni riportate in Figura 7.5.



DISINSERIMENTO

1. Premere il sensore verso l'alto
2. Ruotare 1/4 di giro in senso antiorario
3. Estrarre il sensore tirando verso il basso

INSERIMENTO

1. Mettere un velo di grasso di vasellina nell'estremità della sede del sensore
2. Introdurre a fondo il sensore
3. Ruotare il sensore innestando le guide del connettore BNC
4. Ruotare il sensore 1/4 di giro in senso orario fino allo scatto

NOTA Le operazioni di sostituzione saranno facilitate sfilando l'asta di protezione che verrà rimessa nella sua sede al termine delle operazioni

Figura 7.5 Sostituzione degli elettrodi

In riferimento ad una manutenzione ordinaria - preventiva dei sensori inseriti nella sonda è consigliabile ad intervalli periodici, in relazione al tipo di impiego, provvedere ad un controllo visivo dei sensori della sonda, nonché ad alcune semplici operazioni preventive, operando come segue:

- estrarre completamente dall'acqua la sonda, senza togliere il cavo di collegamento;
- rimuovere con attenzione il terminale forato ed ispezionare i sensori, annotando qualitativamente e quantitativamente l'eventuale presenza di sporco (alghe, depositi, sedimenti, ecc.);

- utilizzare acqua distillata o deionizzata per risciacquare i sensori, aiutandosi con un pennello morbido per rimuovere lo sporco, se presente;
- rimontare con cura il terminale forato, senza serrarlo con forza, e reimmergere la sonda in posizione di esercizio.

Non occorre accedere ai circuiti all'interno della sonda per la manutenzione ordinaria. Se aperta, la sonda richiede particolari precauzioni durante la chiusura, al fine di garantire la tenuta stagna durante l'uso in immersione. Eventuali difetti causati da una imperfetta chiusura del corpo sonda da parte dell'utilizzatore non sono coperti da garanzia.

Queste operazioni vanno effettuate in riferimento ad una manutenzione correttiva, necessaria in caso di guasto, avaria od altro, oppure nel caso in cui si voglia effettuare una manutenzione, a livello integrativo, con cadenza temporale annuale. Le operazioni ad essa relative possono richiedere l'apertura del corpo sonda e perciò devono essere eseguite presso i laboratori autorizzati. Durante l'esecuzione della manutenzione correttiva presso i laboratori, viene controllato anche lo stato di conservazione delle guarnizioni OR di tenuta.

Essendo i tempi di esecuzione assai variabili, è consigliabile dotarsi di sonde complete e/o materiale di consumo di scorta.

In merito alla manutenzione da eseguire sui sensori nessuna operazione è prevista per il sensore di livello che può essere sostituito solo in fabbrica. Tutti gli altri sensori sono estraibili e possono essere sostituiti dall'operatore. In particolare:

- occorre non lasciare mai la sonda priva del sensore rimosso, pena possibile penetrazione di umidità all'interno della stessa;
- si consiglia di operare una pulizia completa della sonda sciacquando abbondantemente in special modo la sua parte terminale, prima di procedere alla sostituzione di un sensore;
- è necessario asciugare le varie parti ed operare in ambiente asciutto con la sonda posizionata in modo non precario;
- bisogna disinserire ed inserire i sensori secondo quanto illustrato in Figura 6.6 con le relative note.

Sensori della sonda multiparametrica: caratteristiche tecniche e manutenzione

La sonda multiparametrica è provvista dei sensori di: temperatura, livello freatico, conducibilità elettrica, ph, Redox, Ossigeno disciolto, e nitrati.

Per quanto riguarda il *sensore della temperatura*, la misura di temperatura viene effettuata utilizzando sensori in Platino, la cui resistenza elettrica varia con la temperatura. Viene utilizzato un sensore denominato Pt1000, che vuol dire che ha un valore della resistenza pari a 1000 Ohm a 0 °C. Questo

valore diventa pari a 1385 Ohm a 100°C. La classe (B) di precisione di tali dispositivi, unitamente alla stabilità dei circuiti elettronici permettono di ottenere misure di temperatura molto precise. Funziona correttamente, registrando valori in un range da -5 °C a +60°C, fino ad una pressione massima di 30 bar. Il sensore della temperatura è, compatto e robusto, realizzato in acciaio inox, costituito da connettore unito al corpo dell'elettrodo, con guarnizioni OR di tenuta, etichetta di identificazione e alloggiamento per il sensore, come mostra la Figura 7.6.

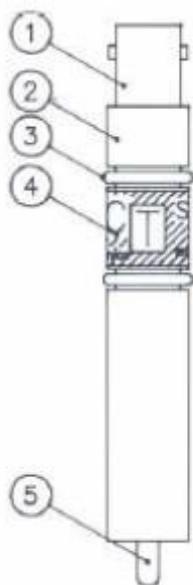


Figura 7.6 Sensore di temperatura

La variazione di resistenza della Pt100 viene trasformata in un segnale elettrico naturale con collegamento a quattro fili. Esso può essere trasformato in un segnale elettrico normalizzato in corrente o in tensione o digitale, che varia in modo lineare e preciso la temperatura dell'acqua. La termoresistenza è fissata all'interno di un tubicino in acciaio inox che la protegge completamente da agenti corrosivi garantendo nel contempo la massima sensibilità alle variazioni di temperatura. Una seconda copertura in rame per l'utilizzo in acqua, impedisce la formazione di alghe e mitili. Il sensore è realizzato in conformità agli standard WMO (World Meteorological Organization).

Non è necessario effettuare né un avviamento né una rigenerazione del sensore per farlo funzionare correttamente. Per la manutenzione ordinaria preventiva, con periodicità (1 volta/trimestre) occorre pulire con un panno umido e controllare l'integrità del cavo. Per la manutenzione correttiva, pulire con HCl al 2% se il sensore risulta essere incrostato. Se riposto va conservato in luogo asciutto.

In merito al *sensore della conducibilità elettrica* dell'acqua, tale sensore è stato inserito all'interno della sonda multiparametrica per controllare il contenuto salino o la concentrazione ionica di soluzioni acide, basiche, saline dell'acqua di falda. In particolare, acque molto pure sono caratterizzate da valori molto bassi di conducibilità elettrica, nel caso di soluzioni a bassa o media salinità, i sali sono totalmente dissociati in ioni e la conducibilità elettrica è proporzionale al contenuto salino o alla concentrazione ionica.

La misura di conducibilità è effettuata a mezzo di due elettrodi completamente circondati dal liquido. Questi elettrodi devono avere dimensioni geometriche definite, come pure definita deve essere la quantità di liquido attorno agli stessi. Le dimensioni degli elettrodi ed il loro posizionamento definiscono la "costante di cella", normalmente indicata con "K". La misura viene effettuata applicando sugli elettrodi una tensione alternata di opportuna frequenza, per evitare la polarizzazione degli stessi causata dagli effetti elettrochimici. La temperatura della soluzione influenza grandemente la misura poiché da essa dipende l'attività ionica. Si osserva quindi un forte incremento della conducibilità all'aumentare della temperatura anche se il contenuto salino rimane costante.

In molti casi è importante avere una misura di conducibilità indipendente dalla temperatura e riferita ad una temperatura di base (20 °C); in questo caso occorre effettuare la compensazione automatica dell'effetto di temperatura, basata sulla rilevazione della temperatura mediante un sensore immerso e sulla correzione elettronica del valore di conducibilità. Ogni liquido ha un proprio coefficiente di temperatura alla temperatura di esercizio in un range da 0,8 a 3,8 %/°C. Impostando il corretto coefficiente di temperatura si riporta la misura della conducibilità al valore che verrebbe assunto dalla soluzione alla temperatura di riferimento (normalmente 20°C).

Il sensore della conducibilità elettrica funziona correttamente, registrando valori compresi tra 0 – 6000 µS (60000 µS in autorange), fino ad una pressione massima di 30 bar. È un sensore compatto e robusto, come mostra la Figura 7.7, esso è costituito da connettore unito al corpo dell'elettrodo, con guarnizioni OR di tenuta, etichetta di identificazione e finestra con elettrodi in grafite con costante di cella K circa pari ad uno.



Figura 7.7 Sensore di conducibilità elettrica

Non è necessario effettuare né un avviamento né una rigenerazione dei sensori per farli funzionare correttamente. Per una corretta manutenzione pulire con HCl al 2% se il sensore risulta essere incrostato. Se riposto va conservato in luogo asciutto.

Per quanto riguarda il *sensore del pH* è stato inserito un sensore che effettua la misura mediante il metodo potenziometrico basato sulla Legge di Nernst. Un potenziale elettrico proporzionale al valore del pH viene generato da una cella elettrochimica avente una membrana in vetro che la separa dalla soluzione in esame. Un secondo elettrodo a potenziale fisso, detto Riferimento, permette di inviare all'ingresso di pH una differenza di potenziale proporzionale al pH del liquido.

Il sensore del pH elettrica funziona correttamente, registrando valori compresi tra 0 – 14 fino ad una pressione massima di 30 bar. È un sensore in vetro, costituito da connettore unito al corpo dell'elettrodo, con guarnizioni OR di tenuta, etichetta di identificazione e bulbo in vetro con un cappuccio di protezione contenente un liquido di mantenimento, come mostra la Figura 7.8.



Figura 7.8 Sensore di pH

Se il serbatoio di protezione dell'elettrodo di pH risulta vuoto e l'elettrodo secco, immergere l'elettrodo in una soluzione tampone o in acqua di rubinetto (evitare l'uso di acqua distillata) per almeno tre ore prima di procedere. Infatti, è sempre necessario effettuare per un corretto avviamento del sensore un controllo dello stato del liquido di mantenimento; in tal caso occorre togliere il cappuccio di protezione ed immergere in acqua di rubinetto da due a tre ore, il bulbo che è rimasto a secco. Non è necessario, invece operare una rigenerazione del sensore per farlo funzionare correttamente. Per effettuare la corretta manutenzione del sensore occorre pulire con HCl al 2% quando il sensore risulta essere incrostato.

Se si deve riporre il sensore occorre rimettere il cappuccio di protezione con liquido composto da $\frac{1}{2}$ KCl 3M e $\frac{1}{2}$ tampone pH 4, inoltre va conservato in luogo asciutto.

Il *sensore del potenziale redox* è stato inserito all'interno della sonda multiparametrica per effettuare la misura redox, attraverso l'utilizzo di un metallo nobile (Platino) a contatto con il liquido da misurare. Se nel liquido avviene una reazione di ossido-riduzione, questo metallo assume un potenziale positivo o negativo che indica la predominanza di una o dell'altra specie chimica. Questo potenziale, similmente all'elettrodo di pH, viene rilevato con l'ausilio di un elettrodo di riferimento immerso nello stesso liquido ed inviato allo strumento misuratore. In questo modello di sonda

multiparametrica, l'elettrodo di riferimento installato opera contemporaneamente per la misura di pH e di Redox.

Il sensore del pH elettrica funziona correttamente fino ad una pressione massima di 30 bar. È un sensore in platino, costituito da connettore unito al corpo dell'elettrodo, con guarnizioni OR di tenuta, etichetta di identificazione e anello di platino con un cappuccio di protezione, come mostra la

Figura 7.9.

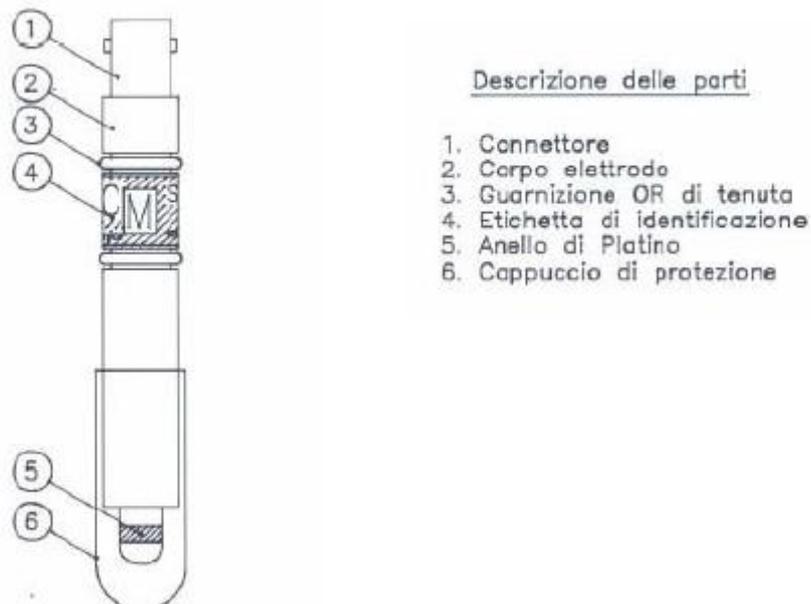


Figura 7.9 Sensore di potenziale redox

È necessario ovviamente togliere il cappuccio di protezione per effettuare un corretto avviamento del sensore. Non è necessario, invece operare una rigenerazione del sensore per farlo funzionare correttamente.

Per l'ordinaria manutenzione del sensore occorre pulire con un fazzoletto di carta l'anello di platino mentre occorre ricorrere ad una manutenzione correttiva di pulizia dell'anello di platino utilizzando HCl al 2% in caso di incrostazioni.

Come gli elettrodi di pH, gli elettrodi di Redox sono soggetti ad abrasioni, a pellicole superficiali formate dal liquido in esame il cui contenuto chimico può avvelenare l'elettrodo, se il sistema in cui è immerso non è più sotto controllo. Per migliorare l'affidabilità delle misure di Redox si suggerisce di testare gli elettrodi in soluzioni a potenziale standard, che daranno una informazione se l'elettrodo funziona correttamente o richiede una manutenzione. Per il controllo del corretto funzionamento

occorre collegare l'elettrodo ad un redox-metro (mVoltmetro) tarato, contestualmente bisogna preparare in un bicchierino su agitatore magnetico una soluzione formata da un tampone a pH=7 saturata con Chinidrone (osservare la presenza di cristalli di Chinidrone indisciolti) e poi immergere l'elettrodo con l'agitatore in funzione e misurare i potenziali che entro una variazione di +/- 10 mV devono rispettare i seguenti valori, temperature in gradi pari a 20, 25, e 30 in corrispondenza dei potenziali in mV pari a +92, +86, e +79.

Infine, togliere l'elettrodo e risciacquare bene in acqua.

Proseguire preparando una seconda soluzione con tampone a pH=4 satura di Chinidrone ed immergere l'elettrodo con l'agitatore in funzione ed osservare che i potenziali assumano i seguenti valori: temperature in gradi pari a 20, 25, e 30 in corrispondenza di potenziali in mV pari a +268, +263, e +258.

La differenza in mVolt fra le due soluzioni è teoricamente 177 mV.

I valori assoluti possono slittare sopra o sotto di qualche mVolt a causa di variazioni del potenziale del riferimento rispetto al valore teorico. Se i potenziali sono corretti, sciacquare bene con acqua distillata e l'elettrodo è pronto per l'uso.

Se il salto di potenziale è diverso da 177 mV per più di 10mV, lavare l'elettrodo con acqua regia (3 volumi di acido cloridrico + 1 volume di acido nitrico concentrati). Se i risultati delle prove sono soddisfacenti, installare l'elettrodo.

La soluzione di Chinidrone è instabile, quindi va correttamente smaltita dopo l'uso.

Sono disponibili soluzioni Redox a valore noto: 220 mV e 420 mV; ma la soluzione a 420mV forma precipitati colloidali di colore blu a contatto con acqua di rete, pertanto occorre immergere l'elettrodo di Redox in questa soluzione "perfettamente asciutto".

Se si deve riporre il sensore occorre rimettere il cappuccio di protezione e conservarlo in un luogo asciutto.

In merito al *sensore di livello* dell'acqua, la misura di livello viene effettuata mediante dei sensori di pressione assoluta. La lamina elastica del sensore si deforma per effetto della pressione sulla sua superficie. Tale deformazione viene rivelata da elementi piezoresistivi all'interno del sensore, che forniscono un segnale all'amplificatore, proporzionale alla pressione sulla lamina. In pratica la lamina effettua la misura della pressione totale data dalla somma della pressione idrostatica dovuta al livello del liquido e della pressione atmosferica. Il valore della pressione assoluta viene inviato al misuratore di livello che la converte in termini di misura di livello/profondità.

Il sensore per la misura di livello idrometrico (piezometro) è costituito da una capsula piezometrica alloggiata all'interno di un cilindro in acciaio inox. Grazie al ridotto diametro può essere facilmente

utilizzato in piccoli spazi. Il trasduttore fornisce misure estremamente precise, con un'eccellente ripetibilità, bassa isteresi e stabile comportamento in temperatura.

Ogni strumento è tarato e verificato per comparazione con uno strumento campione certificato di classe superiore. A seguito della verifica, il sensore viene corredato di certificato di taratura.

Per quanto riguarda la manutenzione occorre con periodicità (1 volta/3 mesi) controllare che la testa del sensore sia perfettamente pulita da alghe, fango ecc., effettuare la pulizia con una spugna e con acqua corrente senza usare detergenti o materiale abrasivo.

La sonda multiparametrica contiene anche il *sensore dell'ossigeno disciolto*, la misura di tale parametro viene effettuata mediante una sonda polarografica, che assicura misure precise e veloci con operazioni di taratura molto semplici.

Il metodo di misura si basa sulla diffusione dell'ossigeno disciolto attraverso una membrana che separa il liquido in esame da una cella elettrolitica con anodo di argento e catodo di platino. Polarizzando opportunamente la cella si ha un passaggio di corrente proporzionale alla quantità di ossigeno interno alla cella. L'ossigeno interno viene consumato e reintegrato per mezzo del passaggio attraverso la membrana. Si stabilisce così una condizione di equilibrio che permette la misura. Il metodo di misura tuttavia, risente di due fattori fisici: la temperatura e la velocità del liquido. In particolare, la membrana subisce un effetto di contrazione/dilatazione al variare della temperatura, con conseguente variazione della porosità della membrana stessa. Tale variazione modifica la velocità di passaggio dell'ossigeno e quindi altera il valore di misura. Questo effetto viene compensato dalla sonda utilizzando la misura di temperatura rilevata da una termoresistenza.

Una maggior precisione nella misura si ottiene tarando la sonda ad una temperatura più vicina possibile a quella del liquido in esame. L'effetto della velocità del liquido influenza la misura quando il passaggio di ossigeno attraverso la membrana ne impoverisce la concentrazione in prossimità della membrana stessa, con conseguente riduzione del valore della misura. Occorre perciò utilizzare celle di ossigeno aventi un basso valore di corrente di cella, realizzate con elettrodi interni di piccole dimensioni e con membrane di teflon a grande spessore, soprattutto nei casi in cui il ricambio di liquido vicino alla cella è minimo.

Il sensore dell'ossigeno disciolto funziona correttamente in presenza di una corrente d'aria di 30 nA fino ad una pressione massima di 30 bar. È un sensore costituito da connettore unito al corpo dell'elettrodo, con guarnizioni OR di tenuta ed etichetta di identificazione che riporta la lettera "O", come mostra la Figura 7.10; un'estremità del serbatoio è collegata ad un tubo di silicone con una membrana di misura e con un cappuccio di protezione per la cella elettrolitica costituita da un anodo d'argento e un catodo di platino posti all'interno di un opportuno liquido di riempimento.

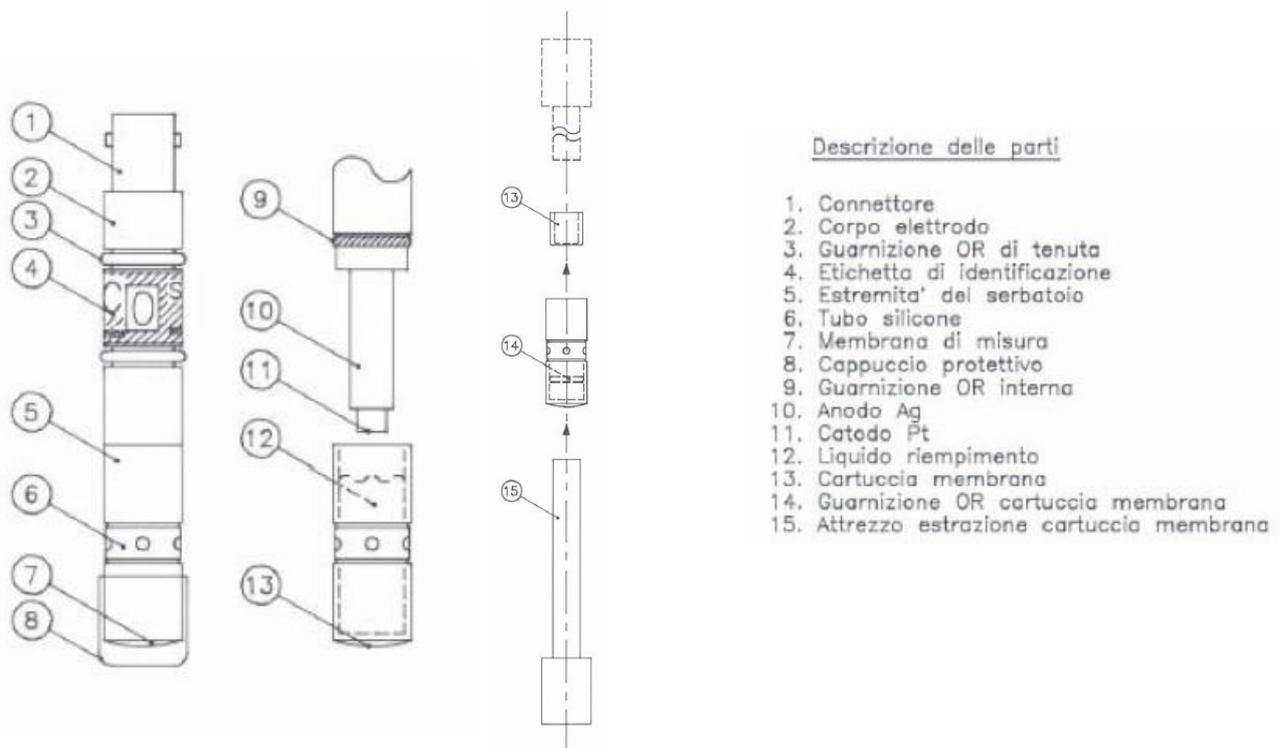


Figura 7.10 Sensore di ossigeno disciolto

Per quanto riguarda il corretto avviamento del sensore bisogna togliere il cappuccio di protezione e controllare che non siano presenti bolle d'aria all'interno del liquido di riempimento, in tal caso occorre effettuare il ripristino; quindi si deve togliere il serbatoio svitandolo e si deve colmarlo di liquido di riempimento per eliminare le bolle d'aria. Subito dopo, si richiude il serbatoio lasciando defluire l'eccesso del liquido di riempimento. Infine, occorre tenerlo a bagno per almeno un giorno in acqua di rubinetto prima di tarare la cella.

Per quanto riguarda la manutenzione bisogna periodicamente controllare l'assenza di bolle d'aria e pulire la membrana di misura utilizzando HCl al 2% in caso di incrostazioni.

Per la manutenzione correttiva bisogna controllare la sensibilità della membrana di misura, nel caso in cui la sua sensibilità sia insufficiente o nel caso in cui essa si rompa è necessario procedere alla sua sostituzione. In tal caso, occorre svuotare completamente il liquido di riempimento, e utilizzare un particolare attrezzo adatto all'estrazione della cartuccia della membrana, indicato con il numero 15 in Figura 7.10. Quest'attrezzo va appoggiato contro la parte esterna della membrana di misura e va spinto delicatamente fino a disimpegnare la cartuccia dalla guarnizione OR interna. Anche la guarnizione va attenzionata, se presenta imperfezioni va sostituita. A questo punto si posiziona la nuova cartuccia che deve essere posta in posizione regolare, grazie all'utilizzo dell'attrezzo adatto

all'inserimento della cartuccia, in modo che sporga all'estremità del serbatoio. Infine bisogna ripristinare il liquido di riempimento.

Per la conservazione del sensore rimettere il cappuccio di protezione e collocare in luogo asciutto.

La sonda multiparametrica della serie WMP, dispone di una sofisticata elettronica interna in grado di gestire ogni singolo elettrodo di misura applicando le correzioni necessarie secondo i parametri di calibrazione. L'interfacciamento dei segnali avviene tramite linea RS485 che, con opportuno amplificatore di segnale, può essere esteso fino a 1000 m di distanza dal datalogger di acquisizione. Il datalogger si occuperà dell'alimentazione e della gestione della comunicazione per ciascuna sonda.

7.2.2 Datalogger: caratteristiche tecniche

Nell'ambito del progetto MORISO2, come anche per MORISO1, l'unità di acquisizione delle misure rilevate dalle sonde è il datalogger NESA mod. TMF100. Esso è un datalogger programmabile, tecnologico e versatile che può essere impiegato per svariate applicazioni ambientali ed industriali. Infatti, è possibile utilizzarlo per: implementazione su stazioni di monitoraggio (alimentate da rete primaria o da pannello fotovoltaico e/o aerogeneratore eolico), reti di stazioni complesse, sistemi di gestione allarmi e teleallertamento, sistemi di comando e attivazione dispositivi, interfacciamento sensori di ogni tipo e marca (mediante schede M2Ch), acquisizione di sensori "intelligenti" che utilizzano protocolli di trasmissione seriale come RS485/Modbus RTU, SDI-12, RS232.

Il datalogger TMF100 è estremamente compatto (Figura 7.11) e funzionale, racchiude in un piccolo contenitore tutta le funzionalità necessarie per farne uno strumento preciso per misure e comandi in campo direttamente interfacciabile via Web.

Dimensioni / Dimensions

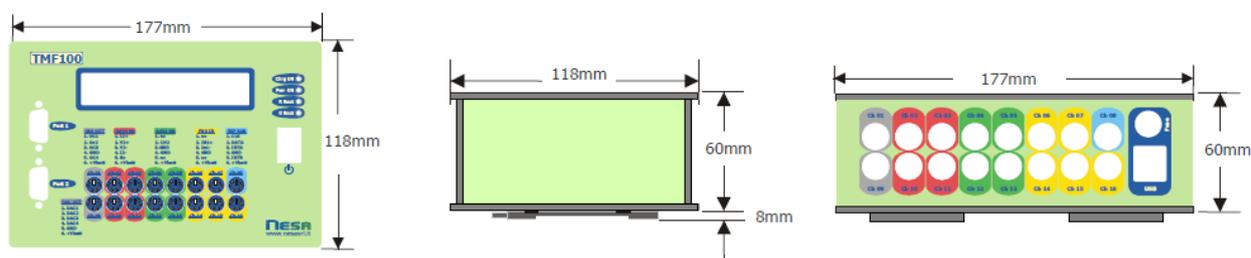


Figura 7.11 Dimensioni del datalogger TMF100

Il TMF100 è realizzato con tecnologia RISC 32bit con sistema operativo multitasking Embedded Linux ed è dotato di: ampio display, doppia porta di comunicazione seriale (espandibile sino a 6)

RS232, SDI-12 o RS485 isolata a 3kVA, doppia porta USB e porta per LAN Ethernet 10/100Mbps. TMF100 dispone inoltre di memoria interna a partire da 32MB e Web Server Integrato per applicazioni Web-Oriented.

L'unità è stata progettata per essere funzionale in un range esteso di temperatura (da -40 a +70°C) e con un ridottissimo consumo di energia. Facile da installare grazie al sistema di aggancio a barra Din e facile da programmare localmente e da remoto per mezzo di webpages dedicate. I dati tecnici del datalogger TMF100 sono riportati in Figura 7.12.

Dati tecnici / Technical Data	
Tecnologia <i>Technology</i>	Processore RISC a 32bit con sistema operativo Embedded Linux a bordo. <i>RISC 32bit processor with Embedded Linux operative system on board.</i>
Ingressi analogici: <i>Analog Inputs:</i>	Pt100 / 0÷2Vdc / 4÷20mA n. 4 @ 24bit channels (Vmax 0÷2Vdc ; I 4÷20mA) n. 4 @ 12bit channels (Vmax 0÷2Vdc ; I 4÷20mA)
Ingressi digitali <i>Digital Inputs</i>	n. 5 ingressi in frequenza (Max 1000Hz) o stato (On/Off) <i>n. 5 frequency input (max 1000Hz) or mode (On/Off)</i>
Uscite analogiche programmabili <i>Programmable Analogic outputs</i>	n. 4 @ 12bit channels 0÷2Vdc
Uscite digitali <i>Digital outputs</i>	n. 4 open collector per comando relè (Vmax=50V, Imax=200mA) <i>n. 4 open collector for relais command (Vmax=50V, Imax=200mA)</i>
Porte di comunicazione <i>Communication ports</i>	n. 2 RS232 / RS485 / SDI-12 (fino a 6 configurabili/ <i>up to 6 configurable</i>) n. 2 USB Host n. 1 LAN Ethernet 10/100Mb
Memoria dati interna <i>Internal Data storage</i>	A partire da 32MB / <i>Min 32MB</i>
Memoria dati esterna <i>External Data storage</i>	Pen-drive USB 2GB ÷ 4GB (-40°C+60°C)
Orologio datario <i>Data-clock</i>	Sistema al quarzo e aggiornamento automatico via NTP o GPS <i>Quartz management and automatic NTP sync or GPS</i>
Watch dog <i>Watch dog</i>	3 livelli (1 hardware e 2 software), Reset hardware della Cpu <i>3 levels (1 hardware & 2 software); Cpu hardware reset</i>
Protezioni <i>Protections</i>	Interne contro corto circuiti e scariche indirette <i>Inside protection against polarity reverse and transient</i>
Programmabilità e Teleprogrammazione: <i>Programmability & Remote control:</i>	Localmente, rete LAN e da remoto tramite modem, GPRS, GSM, wireless, satellite, FTP, radio <i>In local via serial port, LAN, from remote via modem, GPRS, GSM, wireless, satellite, FTP, Radio</i>
Interfaccia locale operatore <i>User interface</i>	Display LCD 24x2 <i>24x2 LCD display</i>
Protocolli supportati <i>Communication protocols</i>	Modbus RTU & Tcp, SDI-12, TCP-IP, http, Ftp, Ntp, Telnet, Smtip
Formato dati <i>Data format</i>	ASCII txt file, AES encrypted, Synop, Metar, Speci
Consumo <i>Current Consumption</i>	< 1W in funzionamento / <i>full operation</i> <0.2W in funzionamento standard/ <i>standard mode</i> <0.05W in condizioni di Stand-by / <i>Stand By</i>
Alimentazione <i>Power supply</i>	24Vac, 110Vac, 220Vac (con trasformatore esterno), 10,5 ÷ 21Vdc da Pannello Solare, Generatore eolico, 10,8 ÷15 da batteria. <i>24Vac, 110Vac, 220Vac (with external AC/DC transformer) , 10,5 ÷ 21Vdc, Solar Panel, Wind generator , 10,8 ÷15 from battery.</i>
Temperatura operativa <i>Operative temperature</i>	-40 ÷ +70 °C
Dimensioni <i>Dimensions</i>	177x118x60mm
Contenitore (opzionale) IP65 – IP67 <i>(optional) Box IP65 – IP67</i>	300x400x220mm (altre dim. Su richiesta) <i>300x400x220mm (other dim. on request)</i>
Peso <i>Weight</i>	600g

Figura 7.12 Dati tecnici del datalogger TMF100

Per collegare l'alimentazione al datalogger attraverso l'apposito connettore, occorre utilizzare una batteria (12Vdc min 1A/h), oppure un alimentatore da parete 220Vac/12Vdc secondo la seguente modalità:

- Se si dispone di sola batteria, collegarne i terminali agli ingressi +12Batt e Gnd (Figura 7.14).
- Se si dispone di solo alimentatore da parete, collegarne i terminali agli ingressi +12Batt e Gnd.
- Se si dispone di alimentatore da parete e di batteria, collegare terminali della batteria agli ingressi +12Batt e Gnd, mentre l'alimentatore agli ingressi InPS e Gnd. In questa configurazione la batteria viene automaticamente ricaricata (max 40A/h) dal datalogger e, per questo, l'alimentatore deve avere un'uscita di almeno 13,5Vdc.

Nome	Funzione
+12 Bat	Alimentazione da batteria (+10,5Vdc- 15Vdc)
Gnd	Morsetto di massa (3 morsetti)
In.P.S.	Ingresso alimentazione da pannello solare o da Alimentatore 220/13.5Vdc
+12 out	Uscita alimentazione ausiliaria (max 3A)

Figura 7.14 Connettori di alimentazione del datalogger TMF100

Per accendere il datalogger occorre portare il tasto di accensione nella posizione di 1 (On). A display compariranno alcuni messaggi di avvio e diagnostica della macchina. Il primo messaggio rappresenta il numero di serie del prodotto. Attendere circa 90 secondi fino a visualizzare i dati istantanei nella forma rappresentata in Figura 7.15:

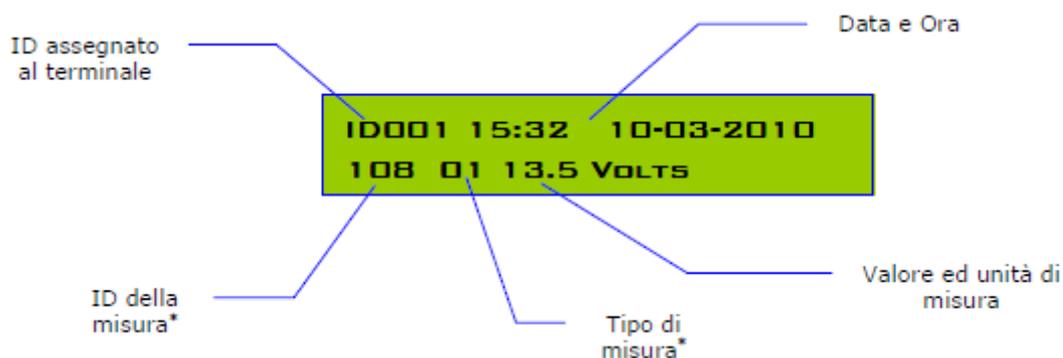


Figura 7.15 Esempio del messaggio inviato alla prima accensione del datalogger TMF100

Le misure vengono visualizzate per circa 2 secondi ciascuna, passando da una misura all'altra a seconda della configurazione della macchina.

Il datalogger può essere immediatamente collegato ad un computer attraverso l'interfaccia di rete Lan 10/100Mbit/s. Dalla fabbrica la TMF100 esce con un indirizzo Ip preimpostato (Figura 7.16) e successivamente modificabile a cui occorre far riferimento per connettersi.

Interfaccia LAN:			
IP:	192.168.1.110	Subnet mask:	255.255.255.0

Figura 7.16 Esempio di indirizzo Ip di un datalogger TMF100

Per collegarsi alla macchina è necessario utilizzare un cavo ethernet tipo cross (incrociato) seguendo la seguente procedura:

1. Accendere il datalogger;
2. Collegare il cavo sulla porta lan del proprio computer;
3. Collegare l'altra estremità del cavo alla porta lan del TMF100;
4. Accendere il computer e settare un indirizzo IP della propria scheda di rete congruente con quello del datalogger, ad esempio 192.168.1.255 e subnet mask 255.255.255.0.

A questo punto la connessione tra computer e TMF è stabilita e si può accedere alle pagine di configurazione o a quelle di visualizzazione dei dati.

Per accedere alla pagina di configurazione e/o visualizzazione dei dati del TMF100, è sufficiente, dopo aver stabilito la connessione, aprire uno dei seguenti browser internet per i quali la TMF è compatibile:

- Internet Explorer (dalla v.6, per la versione 8 occorre attivare la modalità «compatibilità»)
- Opera (dalla v.9.62)
- Chrome (dalla v. 2.0.172.31)
- Firefox (dalla v.3.03)
- Netscape (dalla v.9.0.0.6)
- Safari (dalla v.4 Public beta 528.16)

La procedura di configurazione di un terminale TMF100 avviene solo mediante l'utilizzo di pagine web. Per una corretta visualizzazione delle pagine, abilitare gli script javascript e l'opzione di ricerca delle versioni più recenti delle pagine memorizzate presente nel menu strumenti o opzioni di ogni browser.

Con il browser attivo, digitare sulla barra degli indirizzi (Figura 7.17) IP del datalogger: <http://192.168.1.110> (indirizzo di fabbrica) ed attendere l'apertura della prima pagina che permette all'utente di scegliere tra la visualizzazione dei dati istantanei o la configurazione (protetta da password).

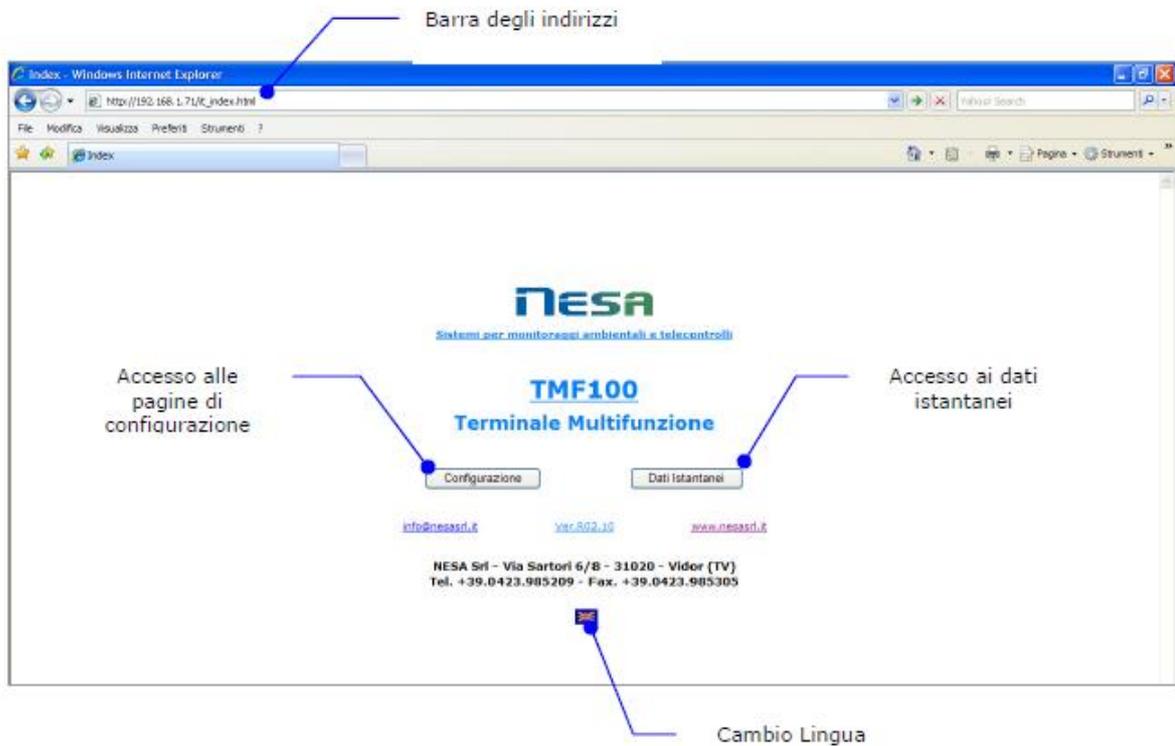


Figura 7.17 Esempio di inserimento dell'indirizzo Ip di fabbrica di un datalogger TMF100

Premendo il tasto "configurazione", si passa alla pagina di autenticazione utente, per la quale vengono richieste le credenziali di accesso. Se si tratta del primo accesso è possibile utilizzare le credenziali di default definite nella configurazione di fabbrica (Figura 7. 18).

Configurazione di fabbrica

Ip base: 192.168.1.110
S.Mask: 255.255.255.0
Username: root
Password: root

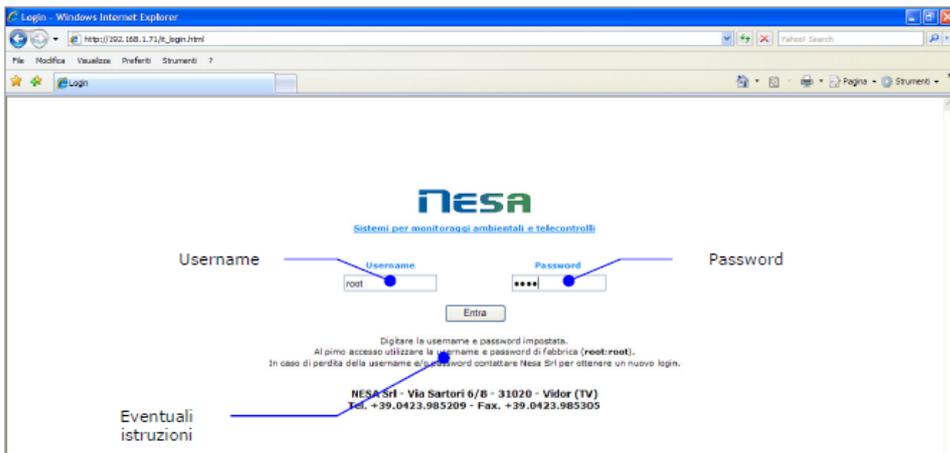


Figura 7.18 Esempio di inserimento delle credenziali al primo accesso

Solo dopo il primo accesso sarà possibile modificare/cambiare username e password.

Per configurare i canali di acquisizione si opera via web; in particolare utilizzando la prima pagina di configurazione, che presenta una struttura modulare come mostra la Figura 7.19:

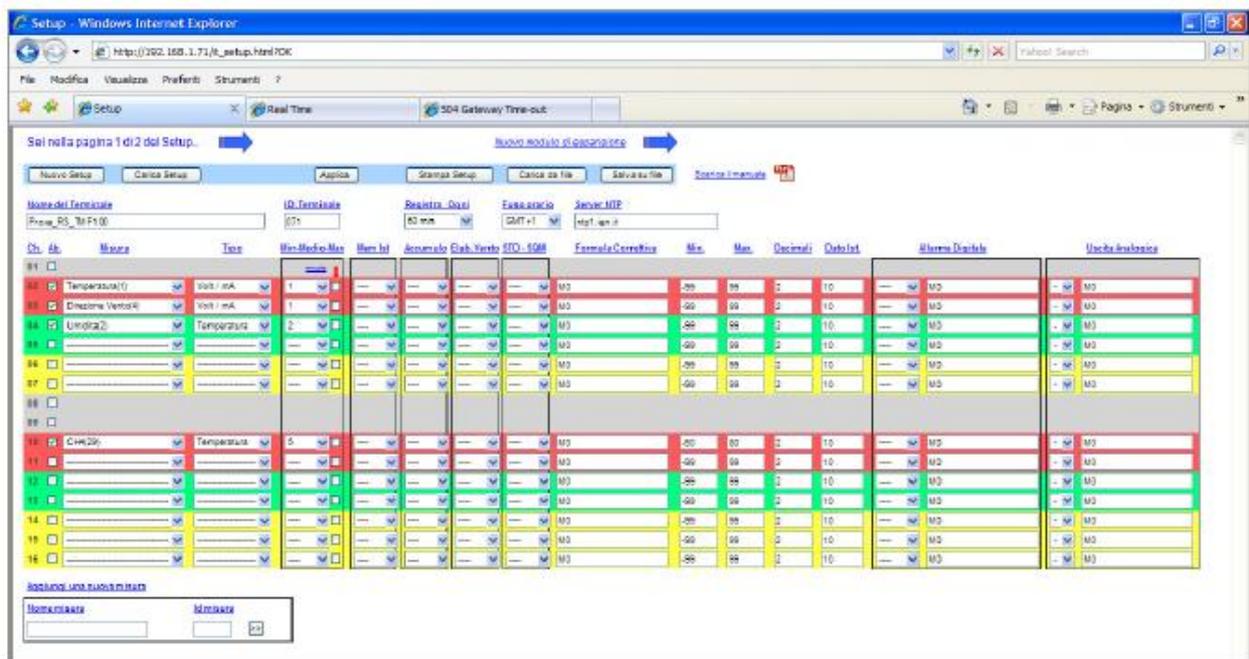


Figura 7.19 Schermata della prima pagina di configurazione

Nella parte in alto della pagina di configurazione compaiono dei tasti e dei campi (Figura 7.20) il cui significato è il seguente:

- **Nuovo setup:** azzerata ogni configurazione e predisporre il terminale per essere configurato nuovamente da zero.
- **Carica setup:** carica il setup presente nella macchina salvato in precedenza. All'apertura della pagina il setup presente viene caricato automaticamente.
- **Applica:** una volta realizzata una configurazione, premendo tale tasto questa viene salvata nella macchina e la TMF viene riavviato con la nuova configurazione attiva.
- **Stampa Setup:** consente di aprire una pagina di stampa che mostra fisicamente come e dove collegare le periferiche alla TMF riassumendo in forma cartacea tutte le impostazioni di configurazione
- **Carica da file:** consente di caricare nella TMF una configurazione presente in un file esterno (esempio da PC).
- **Salva su file:** Permette di salvare copia della configurazione in un file esterno (esempio nel PC).

Tutti i campi presenti nelle pagine di configurazione sono di immediata comprensibilità grazie alla possibilità di aprire una finestra con le istruzioni cliccando sopra ad ogni nome del campo.

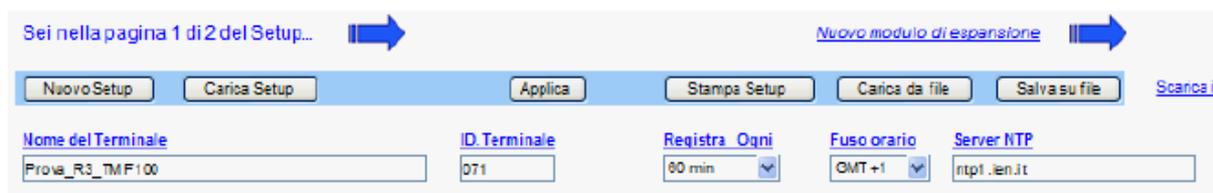


Figura 7.20 – Zoom della parte alta della schermata della prima pagina di configurazione

- **Nome del Terminale:** Nome alfanumerico associato al terminale. Non viene registrato nei file dati e non viene trasmesso.
- **ID del Terminale:** Identificativo numerico del terminale (max 6 cifre) che rappresenta l'identificatore univoco del terminale. Viene registrato nei file dati anche come nome del file e trasmesso (se presente l'opzione di trasmissione dei dati).
- **Registra ogni:** Rappresenta l'intervallo di tempo tra una registrazione dei dati in memoria o la loro trasmissione (se presente l'opzione di trasmissione dei dati). Il suo valore è espresso

in minuti e la registrazione/trasmissione è indipendente dal campionamento dei dati e dalla loro elaborazione.

- **Fuso Orario:** Consente di definire il fuso orario di zona per rendere i dati sincronizzati con l'ora locale.
- **Server NTP:** Se il campo è compilato e il terminale TMF è connesso alla rete internet (tramite cavo, GPRS, o modem), la sincronizzazione dell'ora della macchina avviene tramite un Network Time Protocol che assicura una precisione inferiore al secondo. La sincronizzazione dell'orologio interno con il server NTP avviene una volta al giorno. In questo modo più terminali attivi, avranno sempre l'ora sincronizzata al secondo.

La seconda parte della pagina (Figura 7.21), permette la configurazione di ogni singolo canale di acquisizione della centralina.

Figura 7.21 Zoom della parte centrale della schermata della prima pagina di configurazione

In particolare, nella parte centrale della pagina di configurazione compaiono dei tasti e dei campi il cui significato è il seguente:

- **Ch:** Numero del canale fisico presente sulla centralina. Al colore della riga corrisponde il colore dell'ingresso fisico nella centralina (Figura 7.22).

Ogni canale di acquisizione presenta una piedinatura conforme alla grandezza elettrica da acquisire. I connettori sono di tipo Ps2 Standard. Il colore di ogni canale, corrisponde fisicamente ai colori della pagina di configurazione.

Bisogna inserire un connettore alla volta, a macchina spenta, nel relativo canale, spingendolo sino in fondo, in modo che la plastica del connettore vada in battuta sul terminale TMF. Prestare attenzione all'orientamento dei connettori senza forzarne l'inserimento e senza danneggiare i connettori stessi. Si consiglia di numerare o comunque si segnare il cavo con una siglatura che ne permetta una facile identificazione anche a distanza di tempo.

Solo dopo aver collegato tutti i sensori è possibile accendere la macchina.

Ch.	Ab.	Misura	Tipo	Min-Medio-Max	Min. Ist.	Accumulo	Elab. Vento	STD - SQM	Formula Correttiva	Min.	Max.	Decimali	Data Ist.	Allarme Digitale	Uscita Analogica
01	<input type="checkbox"/>														
02	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura(1)	Volt / mA	1					MO	-99	99	2	10		MO
03	<input checked="" type="checkbox"/>	Direzione Vento(1)	Volt / mA	1					MO	-99	99	2	10		MO
04	<input checked="" type="checkbox"/>	Umidità(2)	Temperatura	2					MO	-99	99	2	10		MO
05	<input checked="" type="checkbox"/>								MO	-99	99	2	10		MO
06	<input type="checkbox"/>								MO	-99	99	2	10		MO
07	<input type="checkbox"/>								MO	-99	99	2	10		MO

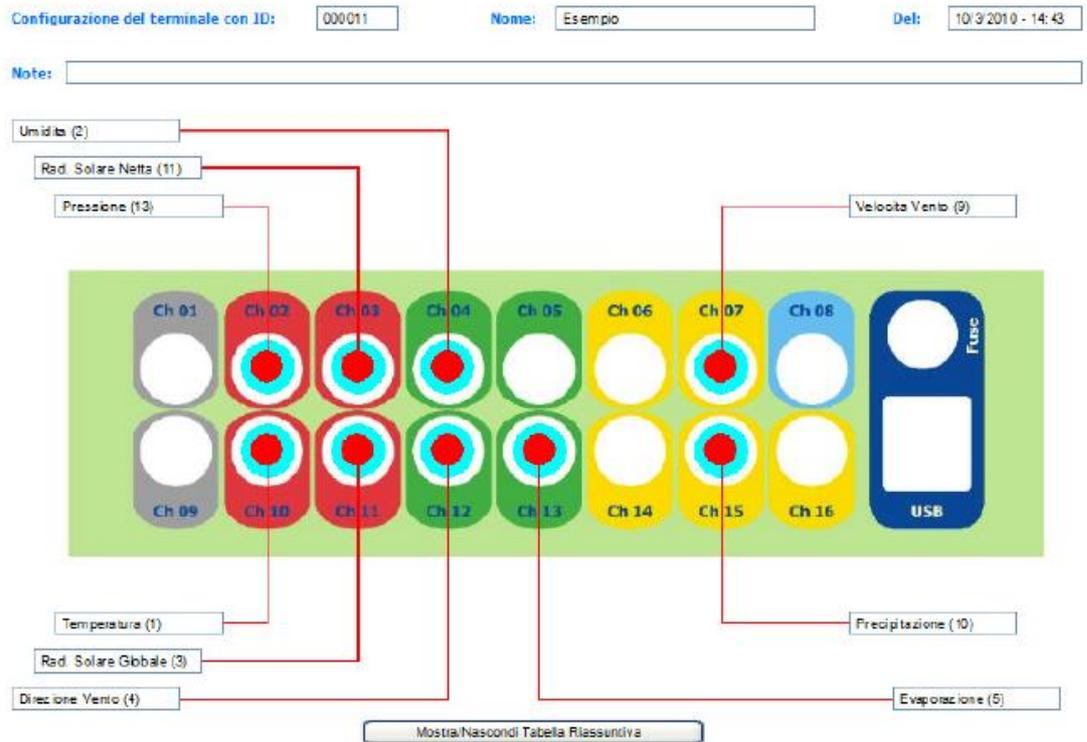


Figura 7.22 Zoom degli ingressi nella centralina

- **Ab.:** Abilita o meno il canale fisico associato. Senza questa attivazione (mediante spunta) la configurazione del canale viene ignorata.
- **Misura:** Consente di selezionare, da una lista dinamica, la misura da acquisire associandogli uno specifico nome. Se una misura non è presente nella lista, è possibile aggiungerla in qualunque momento.
- **Tipo:** Consente di selezionare da una lista fissa, il tipo di misura (tipologia di grandezza fisica) da acquisire, tra quelle che il datalogger è in grado di discriminare (Pt100, corrente, tensione, ingressi analogici ad elevata risoluzione -100mV, frequenza, stato e conteggi).
- **Min-Medio-Max:** E' la prima delle sei elaborazioni possibili. Rappresenta il calcolo della media del minimo e massimo nell'intervallo di tempo selezionato. Ad esempio selezionando 10minuti nella lista a discesa, si configura quel canale per acquisire la data misura fornendo una media, un minimo, ed un massimo ogni 10 minuti.
- **Minuto:** Attiva la registrazione del minuto corrispondente al momento del minimo e del massimo della misura nell'intervallo di tempo di elaborazione selezionato.
- **Mem Ist.:** Abilita la registrazione dell'ultimo valore istantaneo acquisito nell'intervallo di tempo selezionato.
- **Accumulo:** E' la seconda delle elaborazioni possibili. Rappresenta l'accumulo (sommatoria o integrale) di tutti i campioni delle misura nell'intervallo di tempo selezionato.
- **Elab. Vento:** E' la terza delle elaborazioni possibili. Consente di calcolare la media trigonometrica della direzione del vento (metodo dei seni e coseni) e determina la deviazione standard STD lo scarto quadratico medio SQM e la Turbolenza della misura.
- **STD-SQM:** E' la quarta delle elaborazioni possibili. Consente di determinare, per ogni canale, la deviazione Standard, lo scarto quadratico medio e la Turbolenza della misura. Tale elaborazione viene già fatta se si abilita l'elaborazione del vento.
- **Formula Correttiva:** Consente di "linearizzare" ogni segnale proveniente da una periferica, inserendo l'algoritmo (polinomio) di linearizzazione, consente inoltre di convertire il segnale elettrico acquisito in misura ingegneristica (es. da volt a hPa). Il valore M0 presente di default, rappresenta la misura base acquisita dal datalogger espressa in μV (microvolt, da 0÷2.000.000) o °C, gradi centigradi per la temperatura.
- **Min:** Consente di definire un criterio di validazione della misura imponendo un minimo valore al di sotto del quale la misura non viene ritenuta valida (viene quindi sostituita con "*" nel tracciato dei dati).

- **Max:** Consente di definire un criterio di validazione della misura imponendo un massimo valore al di sopra del quale la misura non viene ritenuta valida (viene quindi sostituita con “*” nel tracciato dei dati).
- **Decimali:** Definisce il numero di decimali con il quale verrà rappresentata la misura in unità ingegneristiche.
- **Dato Ist.:** Definisce l’intervallo di campionamento dei dati grezzi in secondi. Il minimo valore è 1 sec.
- **Allarme Digitale:** Consente di scegliere tra diverse modalità di segnalazione di un allarme associato ad una misura, attraverso una specifica relazione matematica o algoritmo, (es $M0 > 35$ per la temperatura, indica l’attivazione di un allarme quando la temperatura supera i 35°C).
- È possibile anche impostare delle soglie di allertamento in funzione del risultato della formula correttiva; quando il risultato è pari a 0 la situazione è normale, se il risultato è pari ad 1 siamo in condizione di pre-allarme, infine quando il risultato è pari a 2 siamo in condizione di allarme. L’utilizzo della memorizzazione degli allarmi prevede la compilazione anche delle stringhe con i tempi di attivazione, da inserire tra parentesi graffe a lato della stringa nome del terminale:
 - i valori da 1÷4 indicano l’attivazione di un’uscita di comando presente nel canale 1 della TMF.
 - i valori SMS.1÷SMS.4 attivano invece l’invio di un SMS (configurabile nella seconda pagina di setup) quando si presenta l’allarme e vi sia la possibilità di trasmissione del dato via GSM o GPRS (solo per SMS.3 ed SMS.4 viene spedita anche la condizione di allertamento). Qualora ci siano più misure associate ad un unico slot sms e contemporaneamente in allarme, nel messaggio spedito compaiono tutte le misure in allarme con l’indicazione dello stato di allertamento (solo per gli slot sms 3 e 4), l’ID misura e il valore del dato in allarme.
 - il valore MEM, registra nel tracciato dei dati l’allarme.
- **Uscita Analogica:** Abilita una delle 4 uscite analogiche 0-2Vdc presenti nella TMF nel canale 9, secondo l’algoritmo specificato. Consente di riprodurre in uscita un segnale proporzionale ad una o più misure, il cui valore deve essere compreso tra 0÷2000, equivalenti a 0÷2Vdc.
- Nella parte inferiore della pagina di configurazione (Figura 7.23) è presente una sezione per la personalizzazione di una misura. Consente di aggiungere quindi una specifica misura alla

lista presente nella colonna “Misura”. Oltre al nome, occorre associare un identificativo numerico alla stessa, che sarà poi presente nel tracciato dei dati memorizzati.

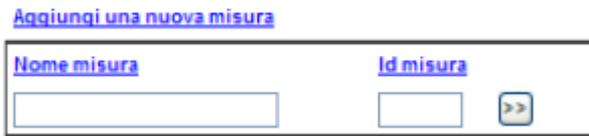


Figura 7.23 Zoom della parte bassa della schermata della prima pagina di configurazione

Infine, abilitando il canale 1 della centralina, sempre nella parte inferiore della pagina, comparirà una nuova lista di campi da impostare, per abilitare le uscite digitali del datalogger (massimo 4), presenti nel canale 1, in modo indipendente dalle misure. Abilitando questo canale, si perdono gli allarmi in quanto i canali sono gli stessi. Oltre all’abilitazione specifica, è possibile definire lo stato iniziale dell’uscita (On/Off), la durata in minuti della permanenza in uno stato (switch ogni) e la durata dell’impulso in secondi.

Una volta configurato il datalogger per quanto riguarda i canali di acquisizione presenti in questa pagina, è possibile aggiungere fino ad un massimo di 8 moduli di espansione analogica o digitale, ciascuno a 16 canali. E’ sufficiente cliccare col tasto sinistro del mouse sopra la freccia a destra, che si trova nella parte alta della prima pagina di configurazione (Figura 7.24), e che consente di aggiungere un’espansione al TMF.

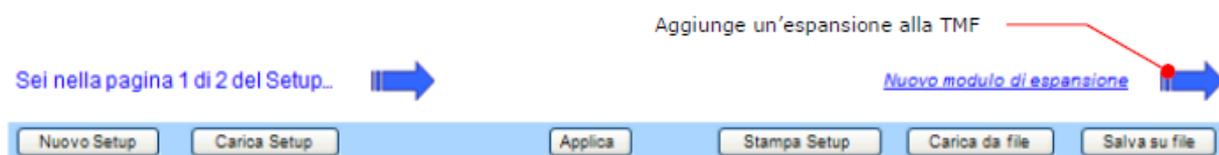


Figura 7.24 Zoom della parte alta della schermata della prima pagina di configurazione per abilitare l’inserimento di ulteriori espansioni al TMF

Si passa quindi ad una nuova pagina di configurazione, del tutto simile alla precedente, che si può ripetere n volte sino ad un massimo di otto. Nel passaggio da una pagina all’altra, la configurazione della pagina di provenienza viene automaticamente salvata.

In questa pagina è possibile configurare molte altre tipologie di misure rispetto alla configurazione base, come:

- Misura derivata: si tratta di una misura inesistente fisicamente, ma logicamente ottenuta (derivata) dalla combinazione di più misure;
- Seriale 1÷10: tutte le misure ottenibili da un protocollo di comunicazione con una periferica digitale (RS232, RS485, USB, Modbus ecc), tra questi ad esempio, la sonda multiparametrica.
- ZigBee 20÷255: Rappresenta una misura proveniente da sensori wireless ZigBee con cui la TMF è in grado di interfacciarsi in modo automatico, costruendo una rete di oltre 200 periferiche radio.

Il tasto “Applica” potrebbe non essere presente sulla prima pagina ed in alcune successive. Questo sta ad indicare la presenza di alcune espansioni attive nella configurazione della macchina. L’applicazione dell’intera configurazione è possibile solo dall’ultima scheda attiva.

Dopo aver configurato i canali di acquisizione occorre configurare i parametri macchina; la procedura viene effettuata sempre via web.

Dalla prima pagina di configurazione (Figura 7.25), premendo con il tasto sinistro del mouse sopra la freccia a sinistra, è possibile accedere Ip e le credenziali di accesso e si può accedere alla seconda pagina di configurazione (Figura 7.26)

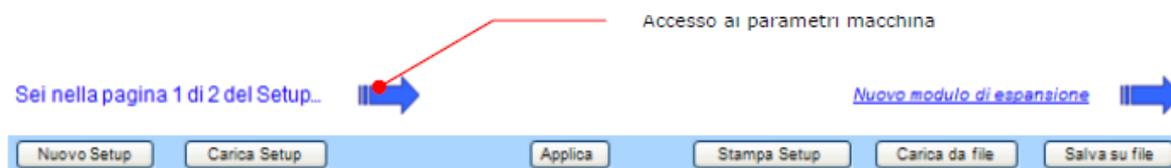


Figura 7.25 Zoom della parte alta della schermata della prima pagina di configurazione per accedere ai parametri macchina

Tutte le funzioni della pagina sono facilmente accessibili e descritte grazie alla possibilità di aprire una finestra con le istruzioni cliccando sopra ad ogni nome del campo.

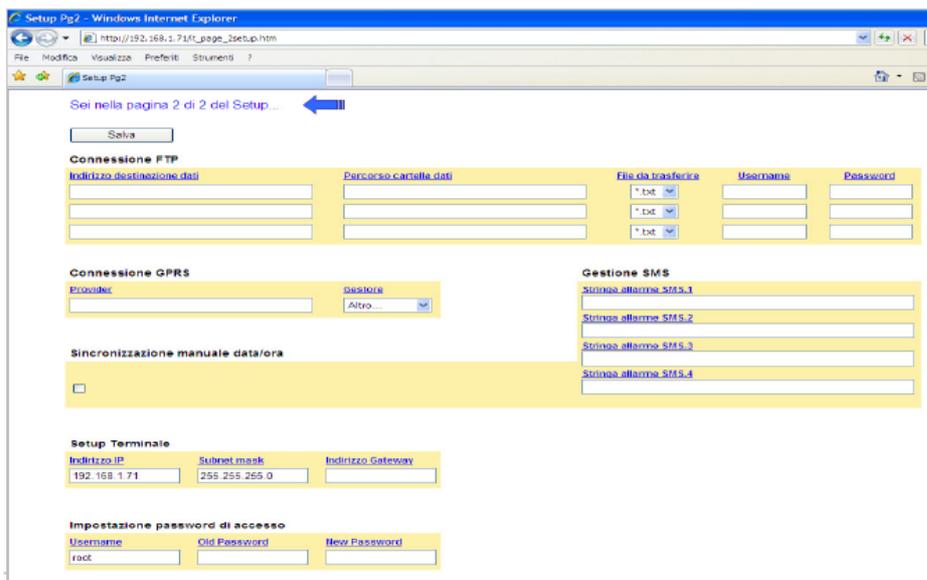


Figura 7.26 Schermata della seconda pagina di configurazione per accedere ai parametri macchina

La pagina è suddivisa in 4 sezioni colorate di giallo:

Nella prima sezione è possibile impostare i parametri della connessione FTP. La macchina è infatti in grado di trasmettere dati con protocollo FTP verso un massimo di 3 aree internet (area FTP).

Nella parte alta della seconda pagina di configurazione compaiono dei tasti e dei campi il cui significato è il seguente:

- **Indirizzo destinazione dati:** rappresenta l'indirizzo Ip o il DNS (nome) associato all'area FTP dove finiranno i dati.
- **Percorso cartella dati:** rappresenta la cartella di destinazione dei dati (es. /Programmi/Nesa/Dati/).
- **File da Trasferire:** rappresenta il tipo di file che la macchina trasferirà nell'area indicata, quali:
 - ***.txt** - tutti i file contenenti i dati elaborati, scritti come testo.
 - ***.ist** - i file contenenti i soli dati istantanei, ovvero l'ultima misurazione fatta prima della scadenza temporale per l'invio dati.
 - ***.dat** - i file contenenti l'indirizzo Ip dinamico che il provider o il gestore della telefonia ha dato al terminale GPRS/GSM collegato alla TMF.
 - ***.jpg** - i file che rappresentano eventuali immagini raccolte da un normale telecamera IP collegata alla porta Lan della TMF. Ad ogni scadenza temporale per l'invio dati, oltre ai file dati, vengono inviati anche i file con le immagini della telecamera.

- *.* - tutti file. In tal caso la centralina ad ogni scadenza temporale, invierà tutti i tipi di file verso l'area FTP indicata.
- **Username:** Rappresenta la username per accedere all'area FTP di destinazione dati
- **Password:** Rappresenta la password per accedere all'area FTP di destinazione dati
- Il protocollo FTP prevede intrinsecamente che, dopo un trasferimento corretto di un file, questo venga cancellato dalla sorgente. In altre parole, i file nella centralina vengono cancellati una volta trasferiti all'area FTP. Trasferire gli stessi file (stesso tipo) dalla centralina a più aree FTP è possibile tecnicamente ma richiede che venga prima effettuata una precisazione, cioè bisogna indicare quale area FTP di destinazione viene definita come area abilitata a dare l'ok per la cancellazione dei file di origine nella centralina TMF. Ovviamente conviene sempre scegliere l'ultima tra le aree FTP di destinazione, in caso contrario, dopo che i dati sono arrivati nella prima area, verrebbero cancellati e non sarebbero più disponibili per le successive aree.

Nella seconda sezione, Figura 7.27, è possibile scegliere o immettere l'operatore di telefonia mobile che offre il servizio di trasmissione dati. E' importante che il campo "Provider" contenga esattamente l'indirizzo del portale di accesso fornito dall'operatore.

Se si tratta di operatore non Italiano, è comunque possibile configurarlo, inserendo l'indirizzo corretto del portale ad esso associato.

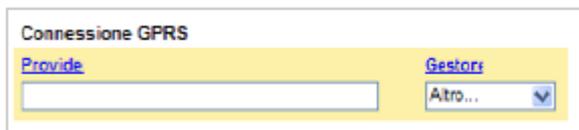


Figura 7.27 Schermata della seconda pagina di configurazione per l'immissione dell'operatore di telefonia

Nella terza sezione è possibile definire la modalità di sincronizzazione dell'orologio della centralina TMF (Figura 7. 28) e definire gli eventuali SMS (Figura 7.29) da inviare ad ogni allarme configurato nella prima pagina di configurazione.

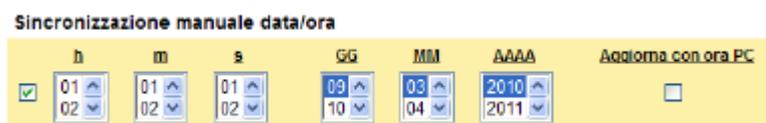


Figura 7. 28 Schermata della seconda pagina di configurazione per la sincronizzazione manuale di data/ora



Figura 7.29 Schermata della seconda pagina di configurazione per la gestione degli SMS

Selezionando la casella di spunto posta in alto a sinistra nella seconda pagina di configurazione (Figura 7. 28), viene mostrata, sottoforma di liste, l'ora del sistema operativo. E' possibile modificare manualmente tale valore o abilitare la sincronizzazione con l'orologio del computer collegato (bisogna spuntare la casella a destra, che riguarda proprio l'aggiornamento con il PC). Se non viene spuntata alcuna casella, la macchina si autoimposta cercando una sincronizzazione NTP all'indirizzo del server di default ntp1.iem.it o a quello indicato nella prima pagina di configurazione.

Nella parte destra di questa sezione, è presente l'area per la gestione degli SMS, (Figura 7.29).

Il datalogger serie TMF Nesa è dotato della capacità di spedire sms ai reperibili nel caso ci siano le condizioni per cui una misura monitorata generi un allarme.

La modalità di trasmissione di sms è possibile solo in presenza di un terminale di comunicazione (modem) GPRS, inoltre è necessario, nel caso di sms.3 ed sms.4, che hanno la possibilità di trasferire anche lo stato di allertamento, che sia attiva nella misura che utilizza questa tipologia di allertamento la memorizzazione Min – Medio - Max.

E' possibile associare un unico messaggio sms (sms.1÷4) sia per la condizione di allertamento sia per quella di rientro allarme.

La struttura del testo da inserire nel campo dell'sms segue una precisa logica di seguito descritta: “*SMS/numero/ testo allarme/testo rientro allarme/+ -/CH.sms*”

in cui

- *SMS* è il campo fisso;
- *Numero* è il numero del reperibile inserito senza spazi e con soli caratteri numerici;
- *Testo allarme* è il testo del messaggio di allarme, max 40 caratteri;
- *Testo rientro allarme* è il testo del messaggio di rientro allarme, max 40 caratteri;

- + indica che si aggiunge il valore della misura che ha generato l'allarme;
- - indica che non si aggiunge il valore della misura che ha generato l'allarme;
- *CH.sms* è una sigla in cui la prima parte *CH* è un valore numerico da 1..4, corrispondente al canale di allarme abilitato nella prima pagina di configurazione.

Tutti gli elementi sono separati dal carattere “/”.

Nelle ultime due sezioni della pagina è possibile definire l'indirizzo IP e le configurazioni di rete della macchina TMF, diverse da quelle di fabbrica e personalizzare la username e password di accesso (Figura 7.30).

Tutte le modifiche della seconda pagina di configurazione vengono salvate premendo l'apposito tasto salva, e richiedono l'inserimento della username e password di accesso.

The screenshot shows two sections of a configuration page. The first section, titled "Setup Terminale", contains three input fields: "Indirizzo IP" with the value "192.168.1.71", "Subnet mask" with the value "255.255.255.0", and "Indirizzo Gateway" which is empty. The second section, titled "Impostazione password di accesso", contains three input fields: "Username" with the value "root", "Old Password" which is empty, and "New Password" which is empty.

Figura 7.30 Schermata della seconda pagina di configurazione per definire indirizzo IP, e configurazioni di rete della macchina TMF diverse da quelle di fabbrica, ed impostazione di personalizzazione di username e password.

In generale se tutto è stato impostato correttamente all'accensione della macchina TMF, nell'ordine a display compaiono in ordine, i seguenti messaggi:

Attendere prego...

SN123456 : Numero seriale del terminale TMF

Parametri OK : Controllo parametri macchina

Fuso orario Ok : Controllo impostazioni fuso orario

Ciclo LCD OK : Controllo comandi LCD

Expa OK : Controllo eventuali moduli di espansione

SysLogd OK : Controllo log di sistema

AD24 OK : Controllo acquisitori analogico/digitali a 24 bit

Sec. Giuliano OK : Controllo data e ora

Digitali OK : Controllo ingressi/uscite digitali

Acq. Oggetti OK : Controllo ciclo acquisizione oggetti

Costanti OK : Controllo costanti di sistema

Start ciclo OK : Controllo corretto ciclo acquisizione

Attesa dati istantanei...

Se qualche controllo non va a buon fine, la macchina si blocca e visualizza a display l'ultimo controllo corretto effettuato. In base alla configurazione, a display cominceranno ad alternarsi ciclicamente le misure configurate.

In Tabella 7. 2 si indicano i problemi che si possono riscontrare e le possibili operazioni di manutenzione correttiva che possono essere eseguire.

Tabella 7. 2 Problemi che si possono riscontrare nell'utilizzo del datalogger e le possibili operazioni di manutenzione correttiva

<i>Problema</i>	<i>Possibili cause</i>	<i>Operazione manutenzione</i>
Non si accende.	Mancanza tensione alimentazione, batteria scarica, errato collegamento alimentazione.	Controllare il cablaggio e la presenza di almeno 12Vdc di alimentazione tra i terminali +Vbatt e Gnd nel connettore di alimentazione.
Si blocca durante l'avvio in uno dei test.	Errore interno hardware.	Ripetere l'accensione della macchina. Se il problema persiste, contattare l'ufficio tecnico Nesa.
A display compaiono le misure ma non ci sono dati.	Errata configurazione o errato collegamento dei sensori	Controllare la configurazione, controllare il corretto inserimento delle spine Ps2 di collegamento dei sensori o controllare il cablaggio dei sensori. Controllare che il sensore non sia danneggiato
A display compaiono solo alcune misure, ma non tutte.	Sensori danneggiati, o spinotti non ben inseriti configurazione errata.	Controllare i sensori, il loro cablaggio ed il collegamento, infine controllare la configurazione.
Non compaiono le misure dei canali 2,3, 10 ,11.	Problema hardware al sistema di acquisizione ad alta risoluzione (24bit). Rottura per sovratensione o per errato collegamento.	Contattare l'ufficio tecnico Nesa per la riparazione.
Non riesco a collegarmi alla centralina.	Cavo di rete non idoneo, errata configurazione della classe degli indirizzi IP del proprio	Controllare il tipo di cavo ethernet e il suo corretto

	computer, presenza di firewall o altri dispositivi atti a bloccare ogni collegamento.	inserimento nelle prese del Pc e della TMF. Controllare che l'indirizzo IP del proprio computer sia congruente con quello del TMF
Vedo sempre gli stessi dati nella pagina web	Cache del browser non aggiornata	Cancellare la cache del browser dal menu strumenti e impostare la ricerca delle pagine più aggiornate ad ogni apertura pagina web
La configurazione che viene caricata non corrisponde a quella impostata	Cache del browser non aggiornata	Cancellare la cache del browser dal menu strumenti e impostare la ricerca delle pagine più aggiornate ad ogni apertura pagina web.
<i>Problema</i>	<i>Possibili cause</i>	<i>Operazione manutenzione</i>
Pur funzionando i sensori, nel tracciato dei dati compaiono degli asterischi “*”.	Possibile errore nella configurazione ai parametri di validazione minimo e massimo. Sensore fuori scala o non correttamente funzionante.	Controllare i valori impostati per il minimo e massimo della misura nella configurazione della TMF. Controllare che il sensore funzioni correttamente.
Dopo l'accensione il display rimane spento.	Standby attivato, possibile rottura del display, possibile rottura hardware.	Spegnere e riaccendere la macchina o provare a connettersi con cavo Lan vi web. Contattare eventualmente l'ufficio tecnico Nesa per la riparazione.

9. TRASFERIMENTO DEI RISULTATI DEL PROGETTO AGLI STAKEHOLDER

9.1 Stakeholder coinvolti

Il progetto MORISO 2.0 ha tra i suoi obiettivi anche quello di rendere quanto più fruibili per l'utenza esterna le informazioni quali-quantitative sulle acque di falda rilevate attraverso la rete di monitoraggio. Tali informazioni, come detto nei capitoli iniziali di questa relazione, riguardano parametri di importanza strategica per l'utilizzo delle risorse idriche da parte delle imprese fruitrici, tra cui la concentrazione di nitrati.

L'importanza del progetto e delle attività di ricerca connesse renderà possibile il coinvolgimento di un ampio numero di Stakeholder.

Strategico sarà il ruolo partecipato delle amministrazioni locali, delle autorità pubbliche che, in sinergia con le imprese private che operano nel territorio ibleo, consentiranno la più ampia diffusione dei risultati del progetto. Le caratteristiche della rete tecnologica, unica nel territorio siciliano, le modalità di trasferimento delle informazioni sui principali parametri quali-quantitativi delle acque di falda, saranno attrattive anche per il mondo accademico del territorio siciliano. Studenti dei corsi di Laurea Magistrale, a prevalente indirizzo ambientale e ingegneristico, degli Atenei Siciliani, studenti dei Corsi di PhD, potranno trarre spunti importanti di riflessione da un monitoraggio esteso su un così ampio territorio d'indagine.

Le aziende private, le cooperative di imprese, i cui terreni ricadono nelle aree monitorate dalla rete tecnologica, mostreranno, come già di fatto avviene per la rete esistente, grande interesse verso le informazioni offerte dal progetto e disponibili attraverso registrazione presso il predisposto sito web. Il progetto MORISO 2.0 avvierà importanti iniziative di coinvolgimento degli Stakeholder interessati, che prevedono l'organizzazione di incontri tecnici, seminari, workshop sui temi trattati nell'ambito dell'iniziativa progettuale.

Nella Tabella 9.1 sono riportati i principali stakeholder che saranno coinvolti nell'ambito delle attività del progetto MORISO 2.0.

Tabella 9.1 Principali Stakeholder del progetto MORISO 2.0

Comune	Sede	Contatti	Persona di contatto		E-mail
Acate	Piazza Libertà, 34 - 97011 Acate	Tel.: 0932.877011 Fax: 0932.990788 PEC: protocollo@pec.comune.acate.rg.it	Sindaco	prof. Francesco Raffo	sindaco@comune.acate.rg.it
			Assessore ai Lavori Pubblici, Urbanistica e Sviluppo Economico	Li Calzi Salvatore	ass.lavoripubblici@comune.acate.rg.it
			Dirigente Ufficio Tecnico	ing. Carmelo Sidoti	ufficiotecnico@comune.acate.rg.it
Chiaromonte Gulfi	Corso Umberto, 65 - 97012 Chiaromonte Gulfi	Tel.: 0932.711211 Fax: 0932.928579 PEC: protocollo@pec.comune.chiaromonte-gulfi.rg.it	Sindaco	ing. Vito Fornaro	sindaco@comune.chiaromonte-gulfi.gov.it
			Assessore Sviluppo Economico	rag. Vargetto Salvatore	salvatorevargetto@comune.chiaromonte-gulfi.gov.it
			Dirigente Area Tecnica	ing. Rosario Tumino	chiaromonteutc.tumino@virgilio.it
			Dirigente Area Urbanistica - Ufficio tecnico	ing. Vito Micieli	comunechiaromonteutc@virgilio.it
Comiso	Piazza Fonte Diana - 97013 Comiso	Tel.: 0932.748111 Fax: 0932.965576 PEC: protocollo@pec.comune.comiso.rg.it	Sindaco	dott. Filippo Spataro	sindaco.spataro@comune.comiso.rg.it
			Assessore Lavori Pubblici	Gaglio Gaetano	vicesindaco.gaglio@comune.comiso.rg.it
			Assessore Tutela Ambientale	Ragusa Vittorio	assessore.ragusa@comune.comiso.rg.it
			Assessore Sviluppo Economico	Sanfilippo Sandra	assessore.sanfilippo@comune.comiso.rg.it
			Dirigente Area Gestione ambientale e attività produttive	dott. Anna Dibennardo	anna.dibennardo@comune.comiso.rg.it
			Dirigente Area Tecnica	ing. Nunzio Micieli	ufficiotecnico@pec.comune.comiso.rg.it
Giarratana	Piazza Vittorio Veneto, 3 - 97010 Giarratana	Tel.: 0932.974311 Fax: 0932.974321 PEC: protocollo@pec.comunegiarratana.gov.it	Sindaco	dott. Bartolo Giaquinta	protocollo@pec.comunegiarratana.gov.it
			Assessore Ecologia e Ambiente	avv. Letizia Leggio	protocollo@pec.comunegiarratana.gov.it
			Dirigente Area Tecnica, Attività produttive e Vigilanza	ing. Biagio Alderisi	alderisi.b@comunegiarratana.gov.it
Ispica	Corso Umberto I, 45 - 97014 Ispica	Tel.: 0932.701111 Fax: 0932.950450 PEC: info@cert.comune.ispica.rg.it	Sindaco	Lucio Muraglie	sindaco@comune.ispica.rg.it
			Assessore Sviluppo Economico	Giuseppe Corallo	assessore.corallo@comune.ispica.rg.it
			Assessore Tutela Ambientale	Angela Giani	assessore.giani@comune.ispica.rg.it
			Capo Settore Lavori Pubblici	geom. Gaetano Gennaro	gennaro.gaetano@comune.ispica.rg.it
			Capo Settore Assetto Territoriale	arch. Salvatore Guarnieri	guarnieri.salvatore@comune.ispica.rg.it

			Capo Settore Servizi alla Città	geom. Salvatore Nigito	nigito.salvatore@comune.ispica.rg.it
Licodia Eubea	Piazza Garibaldi, 3 - 95040 Licodia Eubea	Tel.: 0933.801900 Fax: 0933.801937 PEC: comune.licodiaeubea.ct@pec.it	Sindaco	dott. Giovanni Verga	sindaco@comune.licodiaeubea.ct.it
			Assessore Agricoltura	Licciardi Teresa	comune.licodiaeubea.ct@pec.it
			Assessore Lavori Pubblici	Randone Santo	comune.licodiaeubea.ct@pec.it
Modica	Piazza Principe di Napoli - 97015 Modica	Tel.: 0932.759111 Fax: 0932.759293 PEC: protocollo.comune.modica@pec.it	Sindaco	Ignazio Abbate	sindaco@comune.modica.rg.it
			Assessore Lavori Pubblici	ing. Giorgio Linguanti	vicesindaco@comune.modica.rg.it
			Capo Settore Sviluppo Economico	geom. Vincenzo Terranova	settore.quarto@comune.modica.rg.it
			Capo Settore Programmazione e progettazione lavori pubblici	ing. Giuseppe Patti	settore.quinto@comune.modica.rg.it
			Capo Settore Tutela del Territorio	arch. Salvatore Monaco	settore.sesto@comune.modica.rg.it
			Capo Settore Servizio Servizio Idrico Integrato	geom. Giorgio Scollo	settore.undicesimo@comune.modica.rg.it
			Capo Settore Ecologia Ambiente Igiene Urbana	ing. Carmelo Denaro	settore.dodicesimo@comune.modica.rg.it
Monterosso Almo	Via Roma, 220 - 97010 Monterosso Almo	Tel.: 0932.970261 Fax: 0932.977239 PEC: protocollo@pec.comune.monterosso-almo.rg.it	Sindaco	dott. Paolo Buscema	paolo.buscema@comune.monterossoalmo.gov.it
			Responsabile Servizio Assetto ed Uso del Territorio	geom. Paolo Amato	paolo.amato@comune.monterosso-almo.rg.it
			Responsabile Servizio Ecologia e Ambiente	geom. Paolo Amato	paolo.amato@comune.monterosso-almo.rg.it
			Responsabile Servizio Lavori Pubblici	geom. Paolo Amato	paolo.amato@comune.monterosso-almo.rg.it
Pozzallo	Piazza Municipio, 1 - 97016 Pozzallo	Tel.: 0932.1839 Fax: 0932.1839220 PEC: protocollo.comune.pozzallo.rg@pec.it	Sindaco	Luigi Ammatuna	sindaco@comune.pozzallo.rg.it
			Assessore Sviluppo Economico	Giorgio Scarso	g.scarso@comune.pozzallo.rg.it
			Assessore Lavori pubblici	Francesco Ammatuna	f.ammattuna@comune.pozzallo.rg.it
			Assessore Ecologia	Francesco Gugliotta	f.gugliotta@comune.pozzallo.rg.it
			Capo Settore Territorio e Manutenzione	geom. Giancarlo Renda	manutenzione@comune.pozzallo.rg.it
			Capo Settore Edilizia Pubblica	geom. Orazio Cannizzaro	lavoripubblici@comune.pozzallo.rg.it
Ragusa	Corso Italia, 72 - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.676111	Sindaco	ing. Federico Piccitto	sindaco@comune.ragusa.gov.it

		Fax: 0932.624804 PEC: protocollo@pec.comune.ragusa.gov.it	Assessorato Lavori pubblici e Infrastrutture	Salvatore Corallo	s.corallo@comune.ragusa.gov.it
			Assessorato all'ambiente	Antonio Zanotto	a.zanotto@comune.ragusa.gov.it
			Dirigente Settore Programmazione opere pubbliche	ing. Michele Scarpulla	opere.pubbliche@comune.ragusa.gov.it
			Dirigente Settore Ambiente	ing. Giuseppe Giuliano	ambiente@comune.ragusa.gov.it
			Dirigente Settore Sviluppo Economico	dott. Santi Di Stefano	sviluppo.economico@comune.ragusa.gov.it
Santa Croce Camerina	Via Carmine 95 - 97017 Santa Croce Camerina	Tel.: 0932.914111 Fax: 0932.825117 PEC: comune.santa-crocecamerina@anutel.it	Sindaco	sig.ra Francesca Iurato	sindaco@comune.santa-croce-camerina.rg.it
			Assessore Sviluppo Economico	Francesco Corallo	assessore.corallo@comune.santa-croce-camerina.rg.it
			Assessore Lavori Pubblici	Domenico Aprile	assessore.aprile@comune.santa-croce-camerina.rg.it
			Assessore Servizi idrici ed ambientali	Giovanni Allù	assessore.allu@comune.santa-croce-camerina.rg.it
			Dirigente Dipartimento Assetto del Territorio	arch. Maria Angela Mormina	m.mormina@comune.santa-croce-camerina.rg.it
Scicli	Via Francesco Mormina Penna, 2 - 97018 Scicli	Tel.: 0932.839111 Fax: 0932.841687 PEC: protocollo@pec.comune.scicli.rg.it	Commissario Straordinario	dott.ssa Tania Giallongo	segreteria.commissione@comune.scicli.rg.it
			Commissario Straordinario	dott.ssa Antonietta d'Aquino	segreteria.commissione@comune.scicli.rg.it
			Commissario Straordinario	dott. Gaetano D'Erba	segreteria.commissione@comune.scicli.rg.it
			Responsabile Settore Sviluppo Economico e Attività Produttive	dott.ssa Valeria Drago	v.drago@comune.scicli.rg.it
			Responsabile Settore Lavori Pubblici, Manutenzione ed Ecologia	ing. Andrea Pisani	a.pisani@comune.scicli.rg.it
			Responsabile Settore Urbanistica e Patrimonio	ing. Guglielmo Carbone	guglielmo.carbone@comune.scicli.rg.it
Vittoria	Via Bixio, 34 - 97019 Vittoria	Tel.: 0932.514111 Fax: 0932.802035 PEC: protocollo@pec.comunevittoria.gov.it	Sindaco	avv. Giuseppe Nicosia	sindaco@pec.comunevittoria.gov.it
			Assessore Sviluppo Economico	dott. Lisa Pisani	assessore.pisani@comunevittoria.gov.it
			Dirigente Settore Sviluppo Economico	dott. Adelina Di Rosa	dirigente.sviluppoeconomico@comunevittoria.gov.it
			Dirigente Settore Manutenzione e servizi tecnici	ing. Piccione Angelo	dirigente.manutenzioni@comunevittoria.gov.it
			Dirigente Settore Pianificazione e	ing. Chiofalo Giuseppe	dirigente.urbanistica@comunevittoria.gov.it

			gestione territoriale		
			Dirigente "Unità di Progetto Intersectoriale"	ing. Angelo Piccione	dirigente.upi@comunevittoria.gov.it

Ente	Sede	Contatti	Persona di contatto		E-mail
Consorzio di Bonifica n. 8 Ragusa	Via della Costituzione sn - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.686233 Fax: 0932.194356 PEC: ragusa@pec.consorzibonificasicilia.it	Direttore Generale	dott. Giovanni Cosentini	consorzio8rg@tin.it
			Capo Area Agraria	ing. Giuseppe Arezzo	consorzio8rg@tin.it
Genio Civile Ragusa	Via Natalelli, 107 - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.221811 Fax: 0932.621194 PEC: geniocivile.rg@certmail.regione.sicilia.it	Ingegnere Capo	ing. Ignazio Pagano Mariano	ignazio.paganomariano@regione.sicilia.it
			Dirigente Responsabile U.O. 8 - "Acque: concessioni e autorizzazioni"	dott. geol. Rosario Ruggieri	rosario.ruggieri@regione.sicilia.it
ASP Ragusa	Piazza Igea, 1 - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.234325 Fax: 0932.234326 PEC: protocollo@pec.asp.rg.it	Direttore Generale	dott. Maurizio Aricò	protocollo@pec.asp.rg.it
			Direttore Sanitario	dott. Giuseppe Drago	protocollo@pec.asp.rg.it
ARPA Sicilia - DAP Ragusa	Viale Sicilia, 7 - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.234708 Fax: 0932.234722 e-mail: dapchimicorg@arpa.sicilia.it	Direttore	dott.ssa Lucia Antoci	mantoci@arpa.sicilia.it
Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura Ragusa	Piazza della Libertà - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.67111 Fax: 0932.671245 PEC: camera.commercio.ragusa@rg.legalmail.camcom.it	Segretario Generale	Dott. Carmelo Arezzo	conservatore@rg.camcom.it
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Ragusa	V Piano Centro Direzionale ex ASI, C.da Mugno - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.641870 Fax: 0932.641870 PEC: ordine.ragusa@ingpec.eu	Presidente	ing. Vincenzo Giuseppe Dimartino	segreteria@ordineingegneri.rg.it

Ordine Provinciale dei Chimici di Ragusa	Via Archimede, 183 - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.624649 Fax: 0932.653974 PEC: ordine.ragusa@pec.chimici.org	Presidente	dott. Corrado Barone	presidente@ordinechimiciragusa.it
Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali della Provincia di Ragusa	Via Archimede, 183 - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.624649 Fax: 0932.653974 PEC: protocollo.odaf.ragusa@co.nafpec.it	Presidente	dott. Silvio Balloni	consiglio@agronomiragusa.it
ARPA Sicilia - Struttura Territoriale di Palermo	Via Nairobi, 4 - 90100 Palermo	Tel.: 091.7033509 Fax: 091.7033345 PEC: arpapalermo@pec.arpa.sicilia.it	Direttore	Dott. Giovanni Abbate	gabbate@arpa.sicilia.it
			Responsabile Unità Operativa Monitoraggi Ambientali	Dott. Nicolò Tirone	ntirone@arpa.sicilia.it
Consorzio ASI della Provincia di Ragusa - gestione separata IRSAP (in liquidazione)	Centro Direzionale ASI Zona Industriale - Piazzale Cesare Zipelli - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.667124 Fax: 0932.667285 PEC: ragusa@pec.irsapsicilia.it	Dirigente Responsabile dell'Ufficio Periferico IRSAP di Ragusa	Ing. Maurizio Catania	ragusa@irsapsicilia.it
			Coordinatore Area Tecnica	Geom. Sergio Salonia	ragusa@irsapsicilia.it
			Gestione Infrastrutture e Pianificazione Territoriale - Funzionario Direttivo	Geom. Giampiero Zocco	ragusa@irsapsicilia.it
Consorzio Ricerca Filiera Lattiero Casearia - CoRFiLaC	SP25 Km. 5 - 97100 Ragusa	Tel.: 0932.660411 Fax: 0932.660448 PEC:	Presidente	prof. Salvatore Barbagallo	info@corfilac.it
					amministrazione@corfilac.it
Osservatorio delle acque	Via Bonsignore Giovanni, 1 - 90135 Palermo	Tel.: 091.7079429 Fax: 091.7079594 PEC:	Dirigente	Ing. Antonino Granata	antonino.granata@regione.sicilia.it
Ordine dei Biologi di Ragusa			Commissario di Ragusa	Dott. Giovanni Battaglia	

9.2 Realizzazione del sito web del progetto “MORISO 2.0”

Al fine di favorire la consultazione, da parte degli Stakeholder interessati, delle informazioni quali-quantitative rilevate dalla rete tecnologica di monitoraggio delle risorse idriche sotterranee del territorio ibleo, è stato predisposto dal CSEI Catania il sito web del progetto MORISO 2.0. Nella **Figura 9.1** è mostrata l’home page del sito web, reperibile all’indirizzo temporaneo <http://plusweb.eu/moriso/>.



Figura 9.1 Home page del sito web del progetto MORISO 2.0

Il sito web del progetto è implementato dalle informazioni (geo-database) quali-quantitative rilevate in continuo dai sensori ubicati nei siti di misura (sondaggi ambientali) che fanno parte della rete di monitoraggio (esistente e di nuova realizzazione). Le caratteristiche del geo-database utilizzato consentiranno all’utenza registrata di accedere rapidamente ad informazioni sia spaziali (coordinate geografiche per la corretta ubicazione dei siti di interesse), sia tabellari (valori numerici).

Nei paragrafi successivi saranno dettagliatamente descritte le caratteristiche tecniche e di accessibilità del sito del progetto MORISO 2.0.

9.2.1 Architettura del sito e accessibilità

La realizzazione del sito web è basata su un sistema operativo *Microsoft Windows* e su servizi *web server IIS (Internet Information System)*, basati su tecnologia *ASP.NET*.

Le informazioni quali-quantitative sulle acque di falda monitorate dalla rete tecnologica sono memorizzate in un database *MySQL* preesistente. *MySQL* è uno dei più diffusi *RDBMS* attualmente presenti sul mercato, dove l'acronimo *RDBMS* sta per *Relational Database Management System*, ossia database basati sulla teoria relazionale. Il database *MySQL* è composto da tabelle messe in relazione tra di loro tramite indici o chiavi, le tabelle sono composte da righe (*record*) ognuna delle quali ha un numero determinato di campi. La comunicazione tra *ASP.NET* e *MySQL* avviene tramite driver *ODBC (Open DataBase Connectivity)*.

Attualmente i dati della rete di monitoraggio esistente gestita dal Libero Consorzio Comunale di Ragusa confluiscono in una tabella che comprende i seguenti campi:

- identificativo numerico della misura (IdMisura);
- identificativo numerico della singola stazione di monitoraggio (IndPozzo);
- data e ora di misurazione (DataMisurazione);
- variabili monitorate: livello di falda (o freatico), conducibilità elettrica, temperatura, pH;
- voltaggio batteria (Volt Batteria).

La suddetta Tabella sarà implementata per consentire l'inserimento delle variabili monitorate dalla nuova rete tecnologica, ed in particolare: ossigeno disciolto, REDOX, nitrati.

In fase di progettazione, particolare attenzione sarà rivolta alla visualizzazione del *front-end* del sito. Al fine di rendere accessibile il sito del progetto MORISO 2.0 ai moderni dispositivi *mobile*, sarà utilizzato il framework *bootstrap* per rendere il sito *web-responsive*.

Il sito web è caratterizzato da un'interfaccia *user-friendly* (**Figura 9.1**), che renderà agevole la navigazione anche ad utenti meno esperti.

L'Home Page contiene il pannello di accesso e/o registrazione (**Figura 9.1**), attraverso cui gli utenti potranno autenticarsi e/o registrarsi per accedere alle informazioni del geo-database del progetto.

L'utente generico dovrà registrarsi al sito web del progetto per ottenere le credenziali di accesso (*username* e *password*). Una volta ottenute le credenziali, l'utente potrà accedere alle informazioni relative alla rete tecnologica di monitoraggio. L'utente non registrato, invece, potrà consultare esclusivamente informazioni qualitative e divulgative sul progetto, come ad esempio: la *Mission* del

progetto (finalità, **Figura 9.2**), le *News* (eventuali seminari, incontri tecnici), i *Link* (ai siti del partenariato e a siti di interesse per il progetto, **Figura 9.3**).

Anche l'utente non registrato, attraverso la sezione "*Rete di monitoraggio*", potrà accedere ad informazioni cartografiche, circa l'ubicazione delle stazioni di monitoraggio.



Figura 9.2 Sezione "*Mission*" del sito web del progetto MORISO 2.0

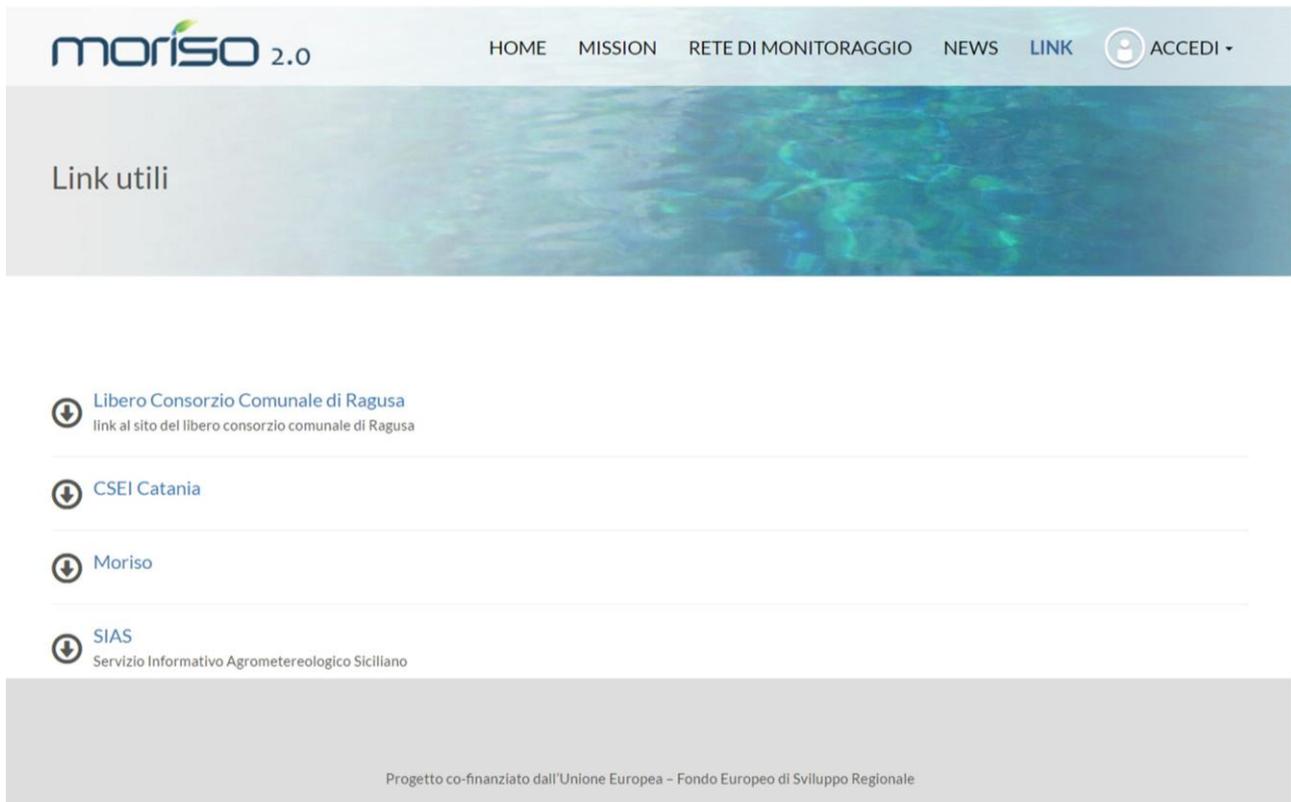


Figura 9.3 Sezione “Link” del sito web del progetto MORISO 2.0

L’accesso ai dati della rete di monitoraggio delle acque sotterranee è permesso via-web attraverso due differenti tipologie di utenza registrata: il *super user* e il *normal user*.

Il *super user* avrà la possibilità di accedere all’area riservata dedicata attraverso l’indirizzo web <http://www.fedalweb.it/admin> (**Figura 9.4**).

La sezione “*Misure*”, della suddetta area, comprende i valori reali delle grandezze monitorate, non ancora sottoposti alla procedura di validazione automatica operata dai tecnici del Libero Consorzio Comunale di Ragusa (**Figura 9.5**). Nel caso del progetto MORISO 2.0 l’accesso come *super user* è consentito solo ai partner di progetto (Libero Consorzio Comunale di Ragusa e CSEI Catania).

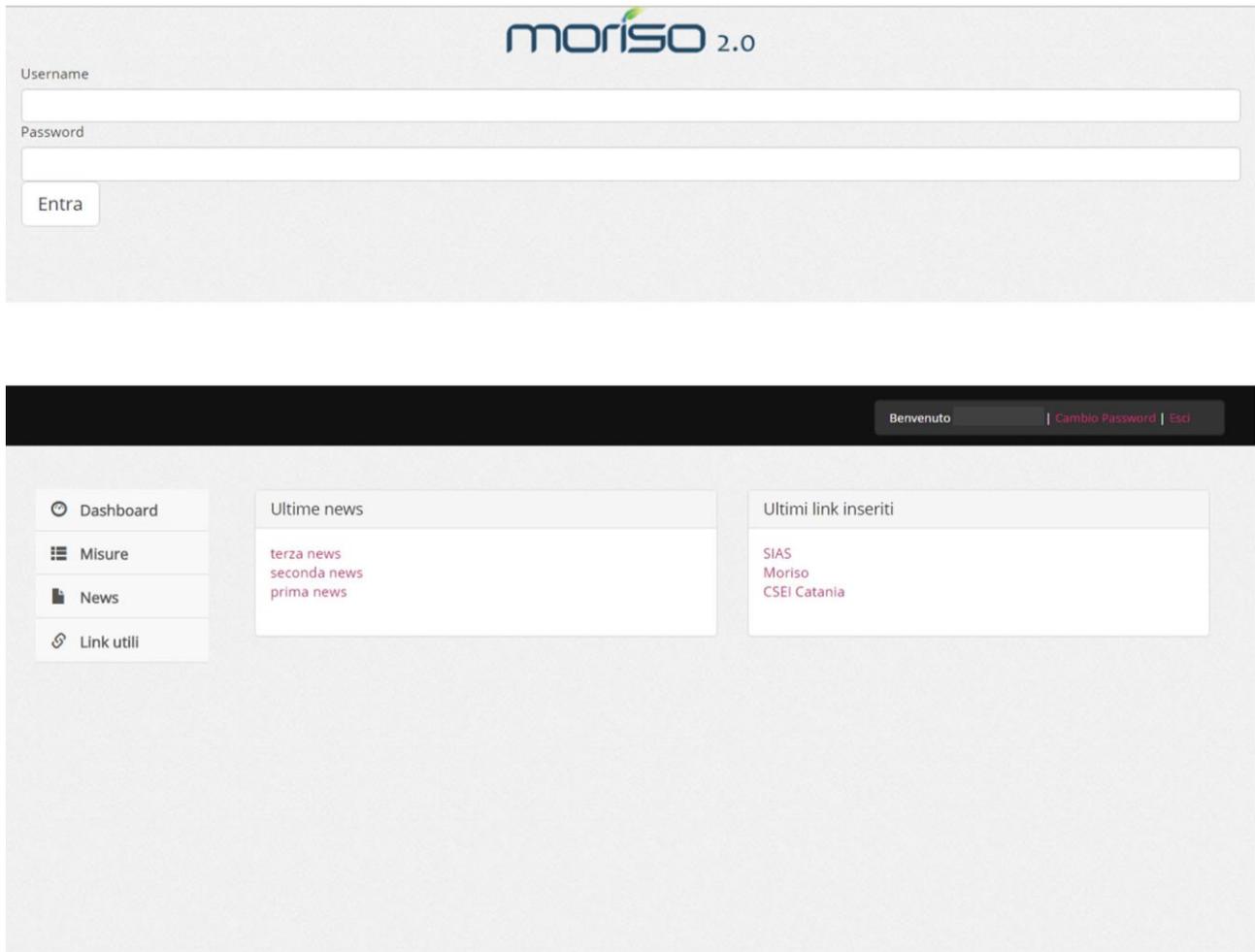


Figura 9.4 Interfaccia dell'area riservata agli utenti *super user*

Dashboard

Misure

News

Link utili

Misure

Località

Ispica

Nome

scegli

Parametri Disponibili

 Tutti I Parametri Disponibili Per Questa Stazione Profondità Livello Di Falda (M S.L.M.) Conducibilità Elettrica (MS/M)

Periodo Di Monitoraggio

Dal

01/01/2014

Al

01/01/2015

Cerca

Id Stazione	Ubicazione	Località	Data misurazione	Profondità livello di falda (m s.l.m.)	Temperatura	Conducibilità elettrica (mS/m)	Ph	Volt batteria
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	01/01/2015 19:00:00	0.13	19.8	10224	8.51	11.9
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	01/01/2015 16:00:00	0.14	19.8	10208	8.53	12.2
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	01/01/2015 13:00:00	0.15	19.8	10194	8.59	12.6
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	31/12/2014 19:00:00	0.12	19.7	10891	8.53	12.3
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	31/12/2014 16:00:00	0.10	19.7	10900	8.55	13.2
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	31/12/2014 13:00:00	0.21	19.7	10898	8.61	13.3
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	30/12/2014 19:00:00	0.20	19.8	10883	8.51	12.3
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	30/12/2014 16:00:00	0.21	19.8	10865	8.53	12.8
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	29/12/2014 19:00:00	0.06	19.7	10859	8.49	12.3
196	Campi da tennis S.M. del Focallo	Ispica	29/12/2014 16:00:00	0.03	19.7	10857	8.51	13.1

ATTENZIONE DATI NON VALIDATI**Figura 9.5** Esempio di interfaccia della sezione “Misure” visualizzabile solo da parte dei *super user*

Il generico utente, o *normal user*, dopo aver effettuato l'autenticazione al sito web MORISO 2.0, potrà accedere alla sezione “Data processing” della rete di monitoraggio. Le informazioni contenute in questa sezione saranno state, invece, sottoposte a procedure di validazione e controllo da parte del Libero Consorzio. L'utente, in questo caso, potrà sia visualizzare, sia effettuare il download dei dati di interesse per sito di misura (**Figura 9.7**).

The screenshot displays the MORISO 2.0 website interface. At the top, there is a navigation bar with the logo 'moriso 2.0' and menu items: HOME, MISSION, RETE DI MONITORAGGIO, NEWS, LINK, and ACCEDI. Below the navigation bar, a large banner area contains the text 'Area riservata' on the left and a user profile dropdown menu on the right, which includes the name 'Bentornato, fumara davide' and options for 'Data processing' and 'esci'. Below the banner, a search form titled 'Selezione stazione di monitoraggio delle acque sotterranee' is visible. The form includes three dropdown menus for 'Id stazione', 'Località', and 'Nome', each with 'scegli' as the placeholder. Under 'Parametri disponibili', there are checkboxes for 'tutti i parametri disponibili per questa stazione', 'Profondità livello di falda (m s.l.m.)', 'Conducibilità elettrica (mS/m)', 'Temperatura', 'Ph', and 'VoltBatteria'. The 'Periodo di monitoraggio' section has 'dal' and 'al' date input fields, both containing 'gg/mm/aaaa'. At the bottom of the form, there are radio buttons for 'orario' (selected), 'media giornaliera', and 'media mensile', followed by a 'Cerca' button. At the very bottom of the page, a footer states 'Progetto co-finanziato dall'Unione Europea - Fondo Europeo di Sviluppo Regionale'.

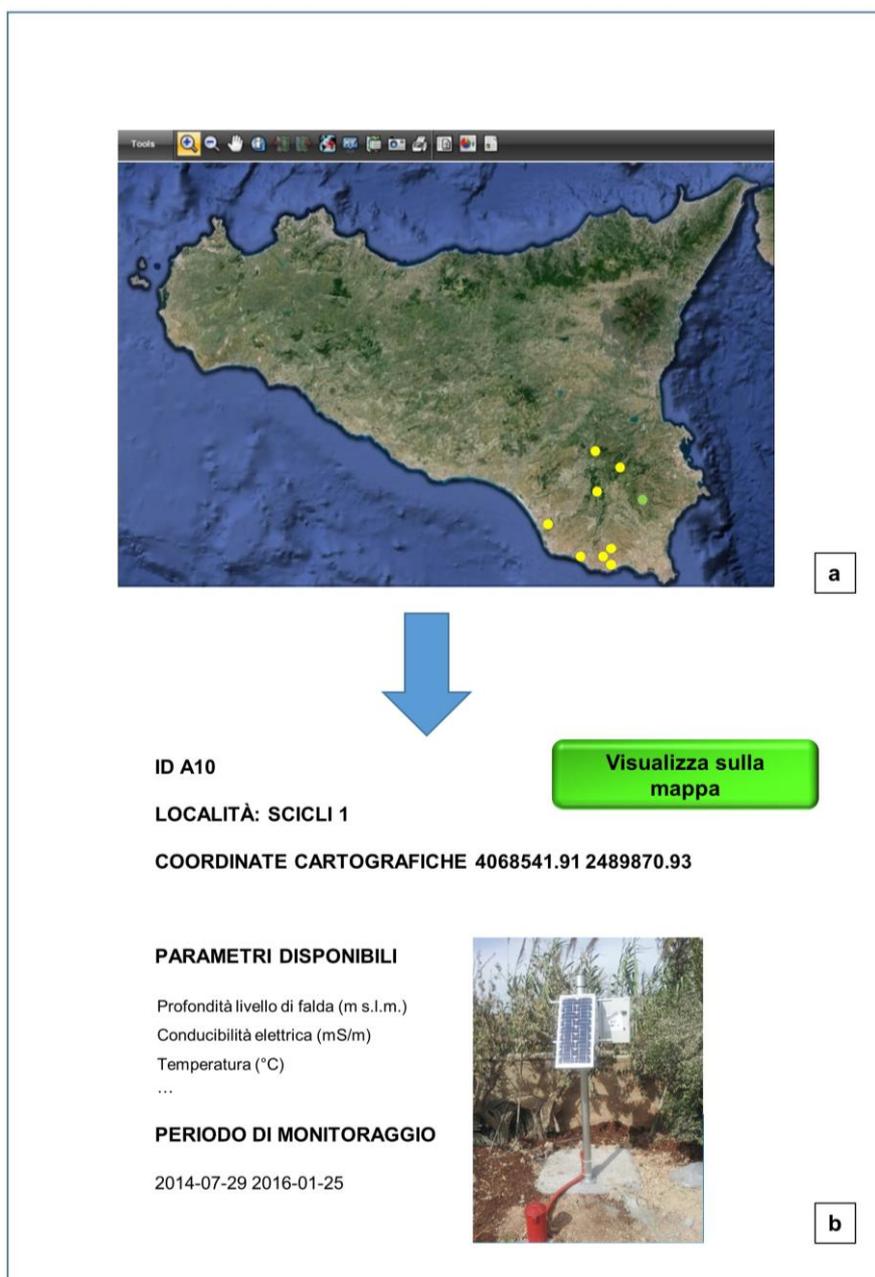
Figura 9.6 Esempio dell'interfaccia utente “*normal user*” visualizzabile dopo aver effettuato il *login* al sito

Dopo aver illustrato le modalità di accesso al sito web del progetto da parte delle diverse tipologie di utenze, nel seguito si descriveranno le caratteristiche dei dati consultabili.

In particolare, l'architettura di trasferimento delle informazioni prevede che i dati, registrati ad intervalli di tempo prefissati dai sensori ubicati nelle singole stazioni della rete di monitoraggio,

vengano trasmessi (mediante server e protocollo GPRS) e memorizzati nel geo-database del Libero Consorzio Comunale di Ragusa e da qui consultabili da parte dell'utente attraverso il sito web.

Come detto in precedenza, dalla sezione “*Rete di monitoraggio*”, sarà possibile, interrogando i singoli siti di misura, avere accesso alle informazioni rilevate dalla rete di monitoraggio delle acque sotterranee (**Figura 9.7**). Inoltre, per ciascun sito di misura, nella sezione “*Rete di monitoraggio*”, sarà possibile visualizzare la sua immagine, attraverso il link “*Visualizza sulla mappa*” (**Figura 9.7**).



The figure is a composite image showing a workflow. At the top, labeled 'a', is a screenshot of a web browser displaying a map of Sicily with several yellow and green dots representing monitoring sites. Below this, a large blue arrow points down to a detailed information page for site A10, labeled 'b'. This page includes a green button that says 'Visualizza sulla mappa'. The text on the page provides the following details:

ID A10
LOCALITÀ: SCICLI 1
COORDINATE CARTOGRAFICHE 4068541.91 2489870.93

PARAMETRI DISPONIBILI
Profondità livello di falda (m s.l.m.)
Conducibilità elettrica (mS/m)
Temperatura (°C)
...

PERIODO DI MONITORAGGIO
2014-07-29 2016-01-25

To the right of the text is a photograph of a monitoring station in a field, featuring a solar panel on a pole and a red pipe at the base.

Figura 9.7 Esempio di accesso alle informazioni del sito di misura “A10” tramite la sezione “*Rete di monitoraggio*” (a) e restituzione delle informazioni relative (b)

Le informazioni relative ai singoli siti di misura comprendono: le caratteristiche tecniche del sito (sondaggio ambientale), l'arco temporale di rilievo dei dati, e le grandezze disponibili misurate in continuo. In questa sub-sezione, sarà possibile identificare i siti di misura sia per identificativo (ad es. A10), sia in relazione all'acquifero nel quale ricadono. A tal proposito, le informazioni di ciascun sito comprenderanno anche dati geologici, utili per l'individuazione delle dinamiche idrogeologiche e l'analisi dei livelli di falda.

Nella sezione “Data processing” l'utente potrà indicare, per singolo sito di misura, la variabile di interesse, la scala temporale (giornaliera, mensile, annuale) e l'arco temporale per il quale richiedere la restituzione delle informazioni (**Figura 9.8**). L'utente potrà anche scegliere il formato (grafico o tabellare) nel quale visualizzare l'informazione sulle variabili di interesse.



Figura 9.8 Esempio di interfaccia della sezione “Data processing” per *normal user* e restituzione in forma grafica della variabile di interesse, nell'arco temporale selezionato

Nelle Figure seguenti sono mostrati alcuni esempi di restituzione (formato grafico o tabellare) delle informazioni relative alle variabili di interesse (Ph, Temperatura, Conducibilità elettrica, Profondità della falda), in un determinato arco temporale, per singolo sito di misura (ID193) alla scala di visualizzazione temporale oraria (**Figura 9.9**), giornaliera (**Figura 9.10**), mensile (**Figura 9.11**).

Data misurazione	Id Stazione	Ubicazione	Località	Conducibilità elettrica (mS/m)	Profondità livello di falda (m s.l.m.)	Temperatura	Ph
01/01/2014 01:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9457	-1.32	20.7	10.70
01/01/2014 04:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9470	-1.32	20.7	10.73
01/01/2014 07:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9480	-1.29	20.7	10.76
01/01/2014 10:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9487	-1.28	20.7	10.70
01/01/2014 13:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9474	-1.29	20.7	10.71
01/01/2014 16:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9471	-1.30	20.7	10.63
01/01/2014 19:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9471	-1.31	20.7	10.55
01/01/2014 22:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9461	-1.32	20.7	10.50
02/01/2014 01:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9431	-1.35	20.7	10.42
02/01/2014 04:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9406	-1.37	20.7	10.36

12345678910...

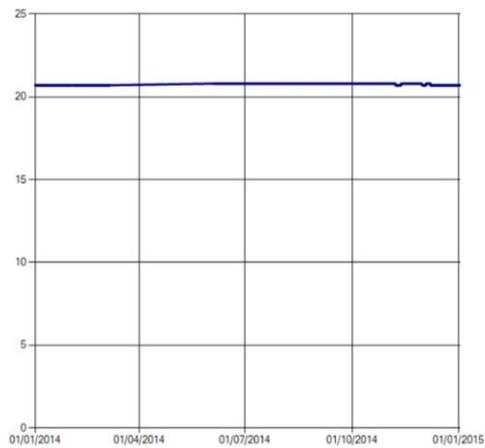
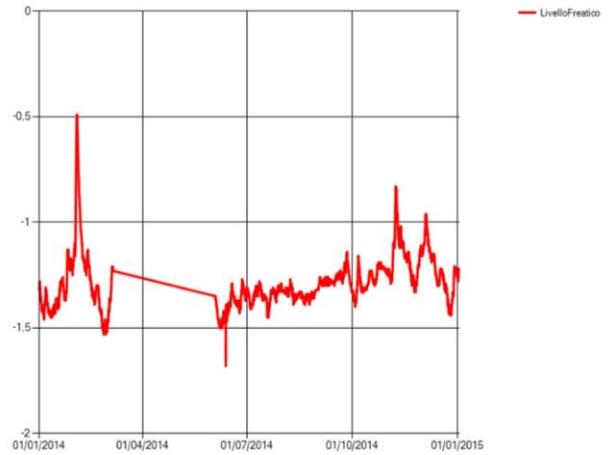
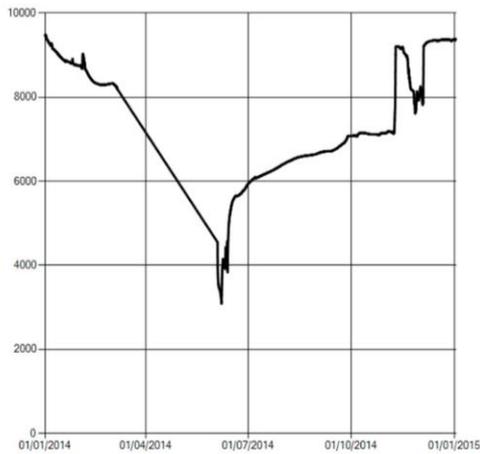


Figura 9.9 Esempio di restituzione (tabellare e grafica) delle variabili selezionate dal *normal user* per il pozzo ID 193 nell'arco temporale selezionato, con intervallo di visualizzazione orario

Data misurazione	Id Stazione	Ubicazione	Località	Profondità livello di falda (m s.l.m.)	Temperatura	Conducibilità elettrica (mS/m)	Ph	Volt batteria
01/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,51	20,7	9330,75	10,7	12,54
02/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,5	20,7	9350,75	10,7	12,32
03/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,48	20,7	9404,88	10,7	12,19
04/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,5	20,7	9528	10,66	12,08
05/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,55	20,7	9582,12	10,68	12,35
06/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,56	20,7	9637,75	10,62	12,55
07/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,56	20,7	9688,5	10,64	12,52
08/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,54	20,7	9679,62	10,6	12,59
09/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,54	20,7	9697,38	10,59	12,24
10/01/2013 00:00:00	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	-1,53	20,7	9579,62	10,6	12,24

12345678910_

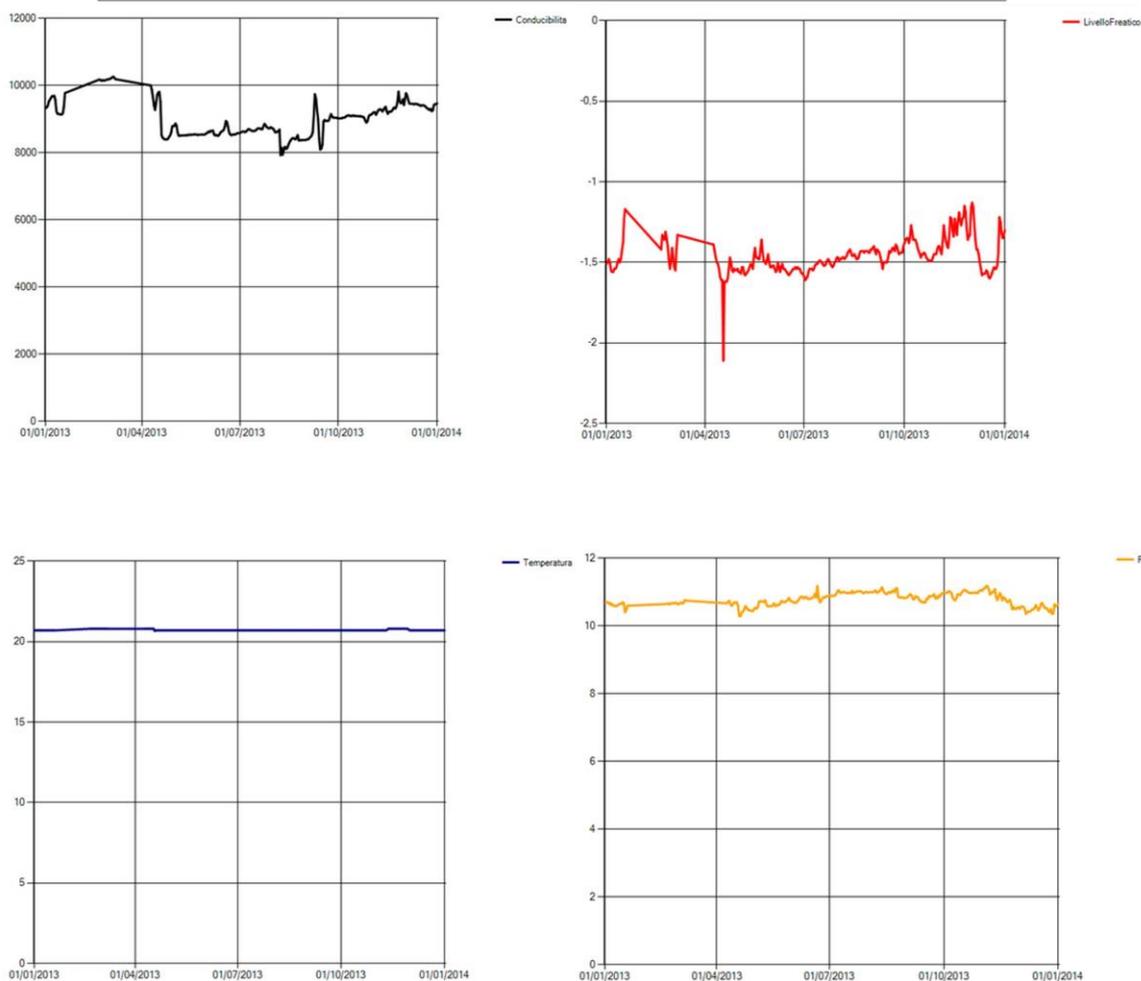


Figura 9.10 Esempio di restituzione (tabellare e grafica) delle variabili selezionate dal *normal user* per il pozzo ID 193 nell'arco temporale selezionato, con intervallo di visualizzazione giornaliero

Data misurazione	Id Stazione	Ubicazione	Località	Conducibilità elettrica (mS/m)	Profondità livello di falda (m s.l.m.)	Temperatura	Ph
1	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9001,32	-1,33	20,7	10,3
2	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	8440,71	-1,23	20,7	10,34
3	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	8288,7	-1,36	20,7	10,36
6	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	5015,67	-1,39	20,8	7,05
7	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	6182,15	-1,35	20,8	8,76
8	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	6560,25	-1,34	20,8	9,03
9	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	6810,73	-1,27	20,8	9,24
10	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	7121,35	-1,27	20,8	9,35
11	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	8264,91	-1,17	20,78	9,45
12	193	Campo Atletica Donnalucata	Scicli	9211,09	-1,23	20,71	9,63

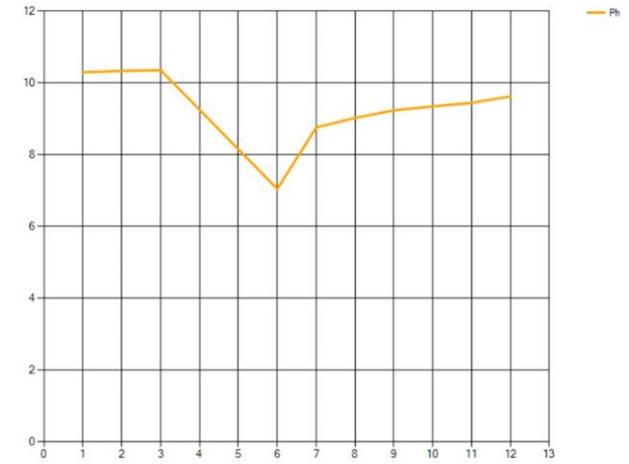
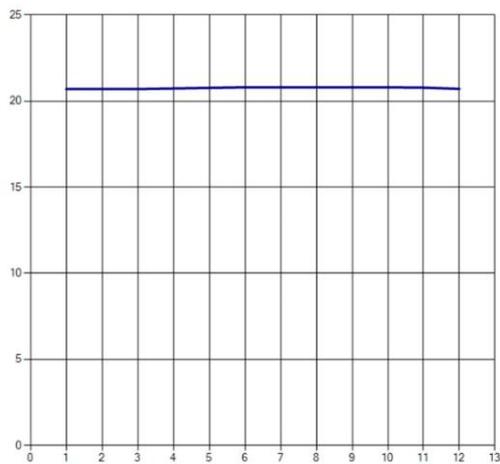
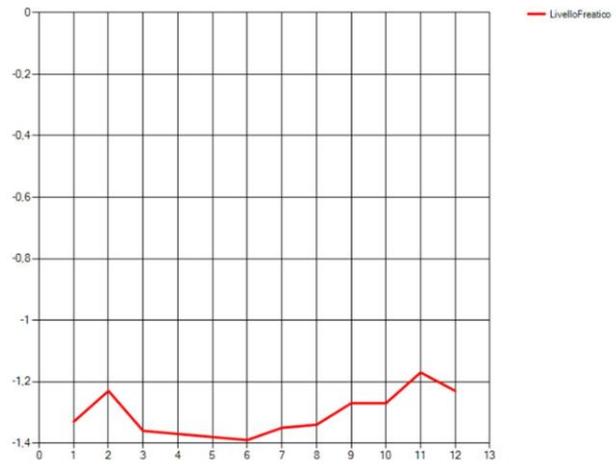
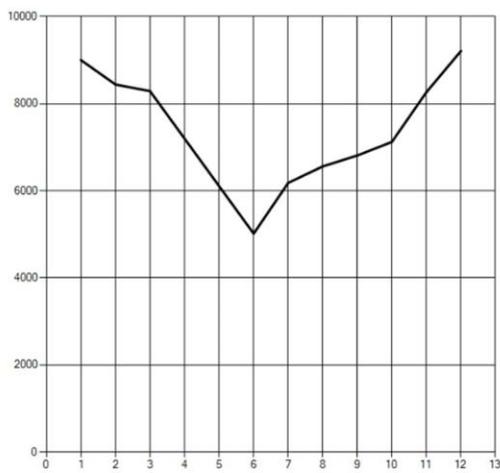
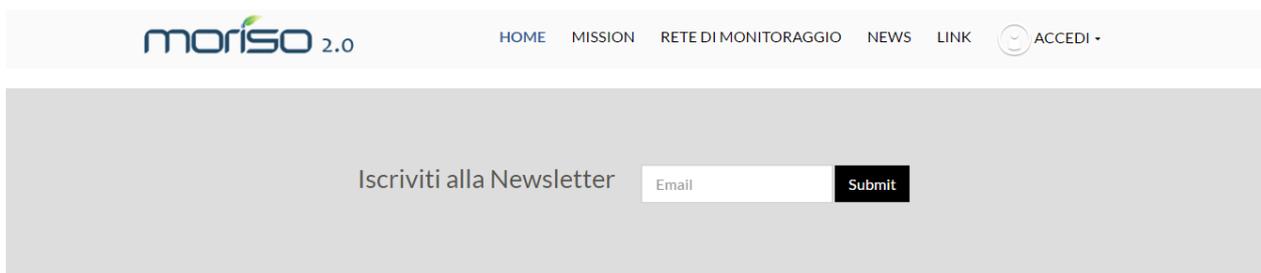


Figura 9.11 Esempio di restituzione (tabellare e grafica) delle variabili selezionate dal *normal user* per il pozzo ID 193 nell'arco temporale selezionato, con intervallo di restituzione mensile

9.2.2 Diffusione dei risultati del progetto e report consultabili

Il sito web del progetto Moriso 2.0 consentirà di diffondere e di rendere quanto più accessibile la consultazione dei dati, rilevati dalla rete tecnologica di monitoraggio, agli utenti registrati. L'interfaccia *user friendly* del sito lo renderà accessibile anche ad utenti non esperti, i quali potranno usufruire delle informazioni in esso contenute, accedendo attraverso le icone di navigazione. Per tutti gli utenti interessati ai contenuti del sito web e del progetto MORISO 2.0 saranno disponibili, attraverso un'apposita sezione, le *Newsletter*. Gli utenti, digitando il proprio indirizzo e-mail potranno, dunque, ricevere le ultime informazioni sul progetto, ed essere informati circa gli eventi più imminenti (Figura 9.12). Inoltre, nella sezione "News" del sito web saranno dettagliatamente descritti e presentati gli ultimi tre eventi che avranno riguardato il progetto (**Figura 9.13**).



The image shows a screenshot of the MORISO 2.0 website. At the top, there is a navigation bar with the logo "moriso 2.0" on the left and menu items "HOME", "MISSION", "RETE DI MONITORAGGIO", "NEWS", "LINK", and "ACCEDI" on the right. Below the navigation bar is a large grey rectangular area containing a newsletter sign-up form. The form has the text "Iscriviti alla Newsletter" on the left, an input field labeled "Email" in the center, and a black "Submit" button on the right.

Figura 9.12 Pannello per l'iscrizione alle Newsletter del progetto MORISO 2.0



Figura 9.13 Sezione “News” del sito web del progetto MORISO 2.0

9.2.3 Accesso a dati climatici via web

Le informazioni rilevate in continuo dalla rete tecnologica di monitoraggio saranno integrate con i dati climatici caratteristici del territorio in studio. Le informazioni climatiche, relative a precipitazione (mm/g), temperatura media dell’aria (°C), umidità relativa dell’aria (%), radiazione solare (W/m^2), velocità (m/s) e direzione del vento, saranno forniti dal Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS) (Figura 9.14 e Figura 9.15). Le stazioni meteo interessate dalla rilevazione sono indicate in Tabella 9.2.

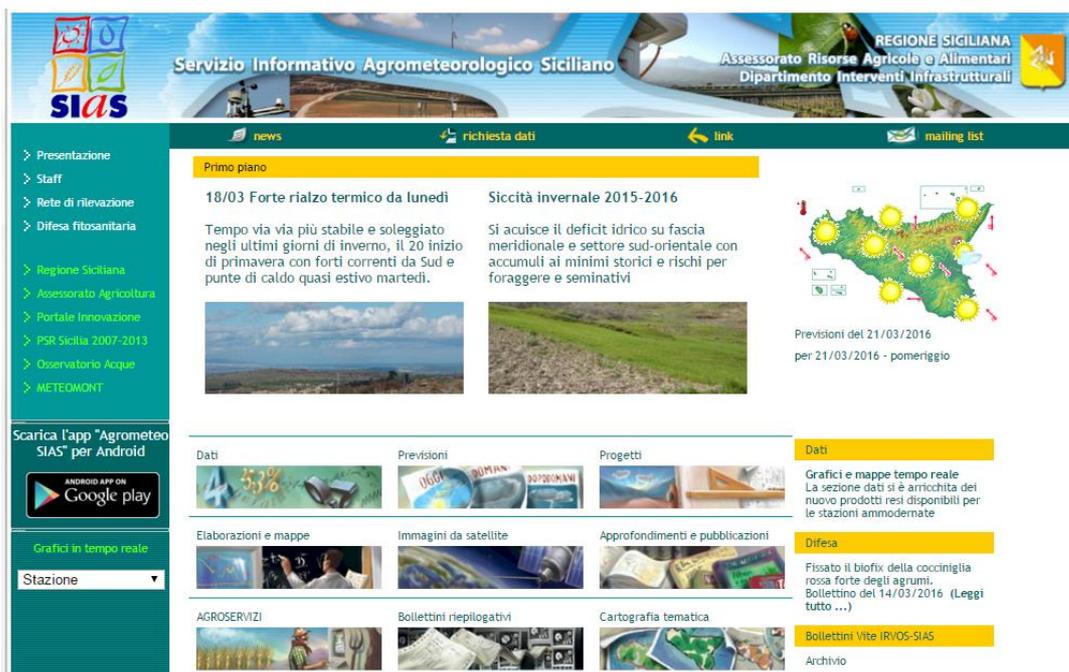


Figura 9.14 Interfaccia web del Servizio Agrometeorologico della Regione Sicilia (SIAS)

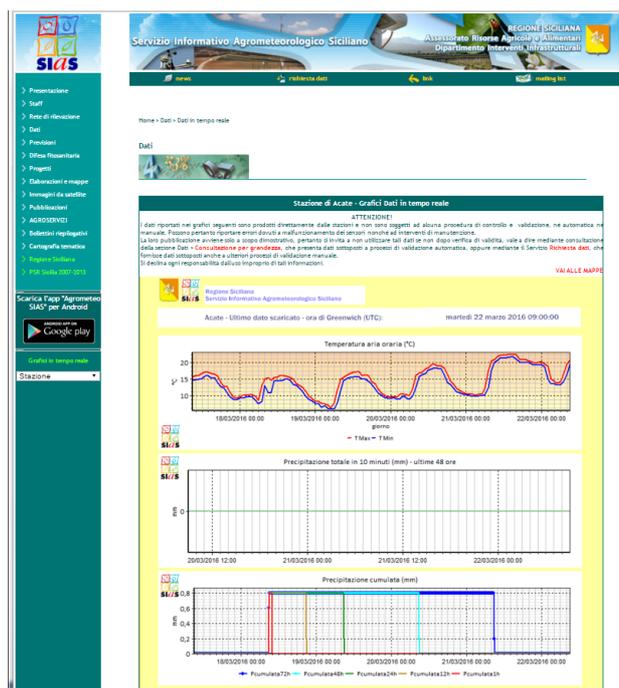


Figura 9.15 Esempio di restituzione dati meteo dal sito web del SIAS

Tabella 9.2 Stazioni meteo gestite dal SIAS ricadenti nel territorio interessato dalla rete tecnologica di monitoraggio

Codice Stazione SIAS	Comune	Località	Quota (s.l.m.)
----------------------	--------	----------	----------------

282	Acate	Mogli	60
283	Comiso	Monacazza	220
284	Ispica	Cancaleo	30
285	Modica	Cammaratini	300
286	Ragusa	Cilone	650
287	Santa Croce Camerina	Finocchiara	55
288	Scicli	Palmentella	30

L'accesso ai dati meteorologici in tempo reale avverrà attraverso un link predisposto nella sezione "Link" del sito web del progetto MORISO 2.0 (**Figura 9.3**).

9.3 Realizzazione di eventi di divulgazione dei risultati del progetto

Gli eventi di networking tra gli stakeholder che operano sul territorio ibleo, i cittadini e il partenariato di progetto saranno pubblicizzati sul sito web nell'apposita sezione dedicata alle *News* e via *Newsletter* (**Figura 9.13** e Figura 9.12).

A questo proposito, è già stata avviata la fase di divulgazione della *mission* del progetto MORISO 2.0 attraverso la realizzazione del primo seminario introduttivo del progetto, svolto a Ragusa il 6 Maggio 2016.

Al Seminario hanno partecipato i rappresentanti dei partner di Progetto, studenti universitari e rappresentanti di alcuni Enti interessati dalle tematiche progettuali.

Il Seminario ha avuto inizio con il saluto del prof. Salvatore Barbagallo, Coordinatore del Progetto, che ha illustrato brevemente gli obiettivi che il progetto si prefigge di raggiungere attraverso la realizzazione delle attività di monitoraggio ambientale. In particolare, il prof. Barbagallo ha evidenziato che l'obiettivo principale di MORISO 2.0 consiste nel potenziamento della rete tecnologica per il monitoraggio degli acquiferi più significativi del territorio ibleo, da cui si approvvigionano le imprese della provincia di Ragusa.

Ai saluti introduttivi si è unito il dott. Dario Cartabellotta, Commissario straordinario del Libero Consorzio Comunale di Ragusa (Capofila del Progetto), ed il dott. Giovanni Iacono (in rappresentanza della So.Sv.I. Srl (Soggetto responsabile del Patto Territoriale Ragusa), i quali hanno evidenziato i risvolti positivi che si avranno su tutto il territorio ibleo a seguito della realizzazione dell'infrastruttura su cui verte il Progetto.

Successivamente ha preso la parola il prof. Stefano Catalano, dell'Università di Catania, che ha presentato una relazione dal titolo "Caratteristiche degli acquiferi del territorio ibleo". In particolare,

il prof. Catalano si è soffermato ad illustrare la carta geologica del settore centro-meridionale dell'altopiano ibleo e a mostrare alcune immagini del territorio ibleo commentandone le caratteristiche da un punto di vista geologico. Successivamente il prof. Catalano ha illustrato la carta della vulnerabilità delle falde idriche, relativamente al settore sud-occidentale del territorio ibleo, con relativi commenti inerenti alle immagini presentate.

Il dott. Rosario Ruggieri, del Genio Civile di Ragusa, ha invece presentato una relazione dal titolo "La vulnerabilità degli acquiferi carsici iblei". Il dott. Ruggieri ha inizialmente descritto il fenomeno del carsismo, definito come fenomeno chimico-fisico che provoca la dissoluzione di rocce solubili, e subito dopo si è soffermato sugli aspetti morfologici fluvio-carsici che caratterizzano il territorio ibleo. Successivamente il dott. Ruggieri ha illustrato le forme e le cause di inquinamento di alcuni acquiferi carsici presenti nel territorio ibleo soffermandosi in particolare sui casi studio relativi alla sorgente Salto di Lepre (Fiumara di Modica), alla Fonte Paradiso (Santa Croce Camerina) e alle sorgenti Oro e Misericordia (Cava della Misericordia ubicata a Ragusa).

Successivamente la prof.ssa Margherita Ferrante, Direttore LIAA dell'Università di Catania, ha illustrato una presentazione dal titolo "Criticità nell'uso delle acque sotterranee nel territorio ibleo in relazione alla qualità". La prof.ssa Ferrante si è soffermata sulla legislazione nazionale e comunitaria in tema di tutela delle acque e sui dati relativi al monitoraggio sulla qualità delle acque presenti nel territorio ragusano, evidenziando le criticità finora emerse al riguardo.

Il prof. Giuseppe Cirelli, dell'Università di Catania, ha presentato una relazione dal titolo "L'impatto delle attività agricole sulla qualità delle acque sotterranee: il caso studio di Donnalucata". Il prof. Cirelli si è soffermato sull'importanza che riveste la gestione e fruizione delle risorse idriche per lo sviluppo socioeconomico del territorio ibleo. Il relatore ha quindi evidenziato come nell'ultimo decennio si è verificato un notevole deterioramento qualitativo e quantitativo delle risorse idriche presenti nella provincia di Ragusa, fenomeno dovuto principalmente all'uso eccessivo di fertilizzanti ed agrofarmaci che, impiegati nelle pratiche agricole, infiltrandosi nel suolo possono raggiungere gli acquiferi provocandone la contaminazione. Ulteriore causa di deterioramento qualitativo delle risorse idriche è rappresentata dal sovra-sfruttamento delle acque sotterranee che può provocare, soprattutto nelle zone costiere, l'intrusione marina e quindi la salinizzazione delle falde. Inoltre il prof. Cirelli ha illustrato i dati relativi al monitoraggio delle acque sotterranee del territorio di Donnalucata.

L'ing. Giuseppe Cianciolo, del Libero Consorzio Comunale di Ragusa, ha presentato una relazione dal titolo "Rete di monitoraggio delle falde acquifere". Il relatore ha inizialmente illustrato gli obiettivi che ci si prefigge di raggiungere attraverso la realizzazione del Progetto MORISO 2.0 il cui scopo è quello di realizzare una rete di monitoraggio, completamente automatica, per il controllo di

alcuni parametri chimico-fisici delle acque in falda del territorio ibleo affinché, attraverso il monitoraggio dello status qualitativo delle acque in falda, possa essere tutelata la salute della collettività. L'ing. Cianciolo ha quindi descritto come sarà realizzato il sistema di monitoraggio costituito da 24 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio della provincia di Ragusa. Inoltre il relatore ha illustrato le modalità di funzionamento del sistema informatico su cui si basa la rete di monitoraggio, con particolare riferimento al sistema di trasmissione, lettura e memorizzazione dei dati acquisiti presso le singole stazioni.

L'ing. Vincenzo Corallo, del Libero Consorzio Comunale di Ragusa, nell'illustrare il Progetto MORISO 2.0 ed il ruolo che avrà il Libero Consorzio Comunale di Ragusa insieme al CSEI Catania, ha messo in evidenza l'importanza che le nuove realizzazioni avranno nell'integrare le informazioni già esistenti (ottenute attraverso sondaggi ambientali realizzati nell'ambito del precedente Progetto MORISO e con altre fonti di finanziamento di cui ha beneficiato l'ex provincia di Ragusa), al fine di controllare, analizzare e pianificare le risorse idriche presenti sul territorio ibleo mediante un rilevamento diretto dei parametri qualitativi.

La prof.ssa Simona Consoli, dell'Università di Catania, ha infine illustrato "La gestione della rete e il trasferimento agli utenti dei risultati del monitoraggio". La prof.ssa Consoli si è soffermata in particolare sulle modalità attraverso cui saranno trasferiti i dati del monitoraggio agli stakeholder (amministrazioni locali, aziende private, autorità pubbliche, università e cooperative di imprese) coinvolti nel Progetto. Il trasferimento dei risultati agli stakeholder avverrà attraverso differenti modalità e innanzitutto attraverso la realizzazione del sito web del progetto e la diffusione, attraverso questo, delle iniziative e dei risultati conseguiti.

Le conclusioni sono state infine tratte dal prof. Barbagallo, il quale ha evidenziato l'opportunità che il Progetto può rivestire sia in termini di tutela ambientale che di sviluppo socio-economico del territorio ibleo.

Conclusioni

Bibliografia

ANDERSON M.P., WOESSNER W.W. (1992) - Applied Groundwater Modeling- Simulation of Flow and Advective Transport, Academic Press Inc. San Diego (CA)

ARPA – DAP Ragusa. 2013. Monitoraggio delle acque sotterranee della Provincia di Ragusa. Resoconto attività 2008-2011

ARPA Sicilia. 2015. Acque interne e acque a specifica destinazione. Report sullo stato qualitativo relativo al 2014

AURELI A., 1990. Carta della vulnerabilità delle falde idriche. Settore sud-orientale ibleo (Sicilia S.E.). Scala 1:50.000. SELCA Firenze

AURELI A., 1993. Carta della vulnerabilità delle falde idriche. Settore sud-occidentale ibleo (Sicilia S.E.). Scala 1:50.000. SELCA Firenze

BIANCHI F., CARBONE S., GRASSO M., INVERNIZZI G., LENTINI F., LONGARETTI G., MERLINI S., MOSTARDINI F., 1987. Sicilia orientale: Profilo geologico Nebrodi-Iblei. Mem. Soc. Geol. Ital. 38, 429-458

BRUGALETTA L. (2012). Monitoraggio dei processi di inquinamento delle acque di falda da attività agricole intensive. Il caso studio di Donnalucata. Tesi Finale del Dottorato di Ricerca in Scienze Agrarie Tropicali e Subtropicali – XXIV Ciclo Università di Catania AA 2011-12

BUROLLET P.F., MUGNIOT G.M., SWEENEY P., 1978. Geology of the Pelagian Block: The margin and basin of Southern Tunisia and Tripolitania. In: Nairn, A., Kanes, W., Stelhi, F.G. (Eds.), The Ocean Basin and Margin. Plenum, New York, 331-419

CATALANO S., DE GUIDI G., ROMAGNOLI G., TORRISI S., TORTORICI G., TORTORICI L., 2007. Evoluzione neogenico-quadernaria della Linea del Tellaro: relazioni con la dinamica del Plateau Ibleo (Sicilia SE). Rend. Soc. Geol. It., 4, Nuova Serie, 177-180

CATALANO S., DE GUIDI G., ROMAGNOLI G., TORRISI S., TORTORICI G., TORTORICI L., 2008. The migration of plate boundaries in SE Sicily: influence on the large-scale kinematic model of the African Promontory in southern Italy. *Tectonophysics*, 449, 41-62

CATALANO S., ROMAGNOLI G., TORTORICI G., 2010. Kinematics and dynamics of the late quaternary rift-flank deformation in the Hyblean Plateau (SE Sicily). *Tectonophysics*, 486, 1-14. doi:10.1016/j.tecto.2010.01.013

COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA RIFIUTI E LA TUTELA DELLE ACQUE (2007). Piano di tutela delle acque della Sicilia, edit. Regione Sicilia

CONTI M.A., DI GERONIMO I., ESU D., GRASSO M., 1979. Il Pleistocene in facies limnica di Vittoria (Sicilia meridionale). *Geologica Romana*, 18, 93-104

CSEI-CATANIA (2002): Indagine sulle potenzialità di riutilizzo delle acque reflue urbane della provincia di Ragusa. Rapporto finale, novembre, Catania

D.L. 11 maggio 1999 n° 152, "Disposizione sulla tutela dell'acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento dell'acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole" - G.U. n°124 del 29 maggio 1999

DI GRANDE A., ROMEO M., 1981. Caratteri-lito-biostratigrafici dei depositi messiniani nell'area iblea (Sicilia sud-orientale). *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 86 (4), 855-916.

DIERSCH H-JG. 1996. Interactive, graphics-based finite element simulation system FEFLOW for modeling groundwater flow, contaminant mass and heat transport processes. FEFLOW User's Manual version 4.5. Wasy, Berlin

DIRETTIVA 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque

DIRETTIVA 91/676/CEE – Protezione dell'acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole - G.U. Comunità Europea n° L375 del 31/12/91

DIRETTIVA 91/676/CEE del Consiglio, del 12 dicembre 1991, relativa alla protezione delle acque dell'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole, GU L 375 del 31/12/1991

DIRETTIVA DEL CONSIGLIO del 15 luglio 1991 relativa all'immissione in commercio dei prodotti fitosanitari (91/414/CEE), (GU L 230 del 19.8.1991, pag. 1)

FERRARA V., PAPPALARDO G., 2004. Sea water intrusion in the coastal aquifers of south-eastern Sicily (Italy). In: 18th Salt Water Intrusion Meeting. Cartagena, Spain, 31 may - 3 june, 729-743

FERRARO V., GUAITOLI F., MATRANGA M. G. (2005), Carta regionale delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola, Assessorato Agricoltura e Foreste, Assessorato Territorio e Ambiente

FRANCANI, 2000 , Idrogeologia generale, Edizione Città Studi

GRASSO, M., 1999. Carta Geologica del settore centro - meridionale dell'Altopiano Ibleo (Provincia di Ragusa, Sicilia sud-orientale). Memorie della Società Geologica Italiana, 2000, vol. 55

GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G., SCAMARDA G., 1979. Distribuzione delle facies cretaceo-mioceniche lungo l'allineamento Augusta-M. Lauro (Sicilia sud-orientale). Boll. Soc. Geol. It., 98, 175-188.

GRASSO M., PEDLEY H. M., MANISCALCO R., RUGGIERI R., 2000. Geological context and explanatory notes of the << Carta Geologica del settore centro-meridionale dell'Altopiano Ibleo>>. Mem. Soc. Geol. It., 55, 45-52

LANDI S. & BARRONCELLI P., 2000. L'acqua irrigua: campionamento, analisi chimico-fisiche e interpretazione dei risultati

LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S., 1994. Main structural domains of the central mediterranean region and their Neogene tectonic evolution. *Boll. Geofisica Teorica ed Applicata*, 36, 141-144.

LENTINI F., CATALANO S., CARBONE S., 2000. Nota illustrativa della Carta geologica della Provincia di Messina. Ed. S.El.Ca, Firenze

LENTINI F., GRASSO M., CARBONE S., 1987. Introduzione alla geologia della Sicilia e guida all'escursione. Convegno della Società Geologica Italiana su SISTEMI AVANFOSSA-AVAMPAESE LUNGO LA CATENA APPENNINICO-MAGHREBIDE NAXOS/PERGUSA 22-25 APRILE 1987

LENTINI F., VEZZANI L., 1978. Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia orientale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 19, 495-500.

LICCIARDELLO F., ANTOCI M.L., BRUGALETTA L., CIRELLI G. L., 2011. Evaluation of groundwater contamination in a coastal area of south-eastern Sicily. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* (2011) 46, 498–508

MC DONALD M.G., HARBAUGH A.W. 1988. A modular three-dimensional finite-difference flow model. *U.S. Geological Survey Techniques of water Resources Investigations*

MONACO C., ALICATA A., DE GUIDI G., NUCIFORA S., 2003. Tettonica trascorrente pleistocenica lungo il margine occidentale del Plateau Ibleo (Sicilia sud-orientale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 122, 355-364

MORISO - MONitoraggio delle Risorse Idriche SOTterranee ed interventi per il controllo dell'intrusione marina e per la riduzione dell'inquinamento da attività agricole – MORISO – P.O. Italia-Malta 2007-2013”. Report finale 2013

PEDLEY H.M., GRASSO M., MANISCALCO R., BENCKE B., DI STEFANO A., GIUFFRIDA S., STURIALE G., 2001. The sedimentology and Palaeoenvironment of Quaternary temperate

carbonates and their distribution around the northern Hyblean Mountains (SE Sicily). *Boll. Soc. Geol. It.*, 121, 233-255

RIGO M., BARBERI F., 1959. Stratigrafia pratica applicata in Sicilia. *Boll. Serv. Geol. D'It.* 80, 1-98

ROMAGNOLI G., 2010. Caratterizzazione cinematica e valutazione dei tassi di deformazione di strutture tettoniche tardo quaternarie in Sicilia orientale. Tesi di Dottorato

ROMAGNOLI G., CATALANO S., PAVANO F., TORTORICI G., 2015. Geological map of the Tellaro River Valley (Hyblean Foreland, southeastern Sicily, Italy). *Journal of Maps*, Vol. 11, N. 1; 66-74 - DOI: 10.1080/17445647.2014.944878

ROMAGNOLI G., TORTORICI G., 2012. Carta geologica della bassa valle del Fiume Irminio (Sicilia sud-orientale). Carta allegata al “Progetto MORISO - Monitoraggio delle risorse idriche sotterranee ed interventi per il controllo dell'intrusione marina e per la riduzione dell'inquinamento da attività agricole”

ROMAGNOLI G., TORTORICI G., 2013. Hydrologic characterization of the aquifers within the Province of Ragusa – Report action 2.1. In “Progetto MORISO - Monitoraggio delle risorse idriche sotterranee ed interventi per il controllo dell'intrusione marina e per la riduzione dell'inquinamento da attività agricole”, Autori Vari, 31-45

RUGGIERI R., 1977. Il fenomeno carsico nell'area sud-occidentale dell'altipiano Ibleo. Ed. G.G.R.

RUGGIERI R., 2005. Il sistema idrogeologico del settore centro-meridionale ibleo Sicilia sud-orientale. In *Atti del Convegno "L'acqua che berremo" (2002 - 2004)*. *Speleologia Iblea* 11, 17 -37