

Progetto per il monitoraggio degli acquiferi della bassa pianura friulana in provincia di Udine. Obiettivo, finalità e contenuto della ricerca

*Monitoring project of the aquifer system in the low Friuli plain (Udine district)
Aim and contents of the research project*

MARI G.M. (*)

RIASSUNTO - Nell'ambito delle attività finalizzate a definire le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei, il Servizio Geologico Nazionale (ora APAT, Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia) ha promosso progetti di ricerca in aree campione del territorio nazionale con l'obiettivo di organizzare e sperimentare reti di punti di osservazione di parametri di interesse differenziate per unità acquifere.

La nota illustra motivazioni, contenuti, assetto organizzativo, prodotti attesi e costi del progetto di ricerca sviluppato in collaborazione con il Dipartimento Georisorse e Territorio della Università degli Studi di Udine con l'obiettivo di predisporre una rete di controllo degli acquiferi della bassa pianura friulana in provincia di Udine da utilizzare per le misure del livello di falda e per la ricostruzione del deflusso sotterraneo.

PAROLE CHIAVE: idrogeologia, monitoraggio delle acque sotterranee, bassa pianura, provincia di Udine,

Regione Friuli Venezia Giulia, Italia.

ABSTRACT - This note describes characteristics, subjects, main stages, products and results of a research project promoted by the National Geological Survey (now APAT) and carried out in cooperation with the Dipartimento Georisorse e Territorio of the Udine University. The purpose is to define and keep under control the dynamic characteristics of groundwater resources in the low Friuli plain (Udine district) by means of monitoring networks. The paper shows the studies and the researches realized by the National Geological Survey that have been considered before starting.

KEY WORDS: hydrogeology, groundwater monitoring networks, low plain, Udine district, Friuli Venezia Giulia Region, Italy.

(*) APAT Agenzia per la protezione dell'ambiente e pre i servizi tecnici - via Curtatone, 3 - 00185 Roma

1. - INTRODUZIONE

Il Decreto legislativo 152/99 promuove una nuova fase di sviluppo delle conoscenze sulle risorse idriche sotterranee del territorio nazionale, sulla base di un complesso di attività finalizzate alla definizione dello stato ambientale delle risorse idriche sotterranee attraverso la identificazione degli acquiferi e il monitoraggio delle caratteristiche quantitative e qualitative. Con l'obiettivo di contribuire a fornire gli elementi tecnico-scientifici e normativi da utilizzare come strumenti di base per la gestione e la tutela delle risorse idriche sotterranee, il Servizio Geologico Nazionale (ora APAT - Dipartimento Difesa del suolo - Servizio Geologico d'Italia) ha sviluppato a partire dagli anni '90 (MARI, 2002), in aree campione del territorio nazionale, attività orientate a definire le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei, realizzare reti sperimentali di controllo, valutare la vulnerabilità all'inquinamento e verificare la applicabilità della Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia a scala 1:50.000 (Quaderno SGN, n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995).

Le attività svolte e i prodotti realizzati a partire dal 1985 dal CNR - GNDICI Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (AAVV.1990,1995,1999) hanno rappresentato un punto di riferimento e di confronto per i progetti sviluppati dal Servizio Geologico Nazionale.

2. - STUDI E RICERCHE REALIZZATE DAL SERVIZIO GEOLOGICO NAZIONALE

Con riferimento ai temi relativi al monitoraggio delle caratteristiche quantitative e qualitative dei corpi idrici sotterranei e alla organizzazione di reti sperimentali di controllo, è possibile ricondurre le ricerche sviluppate dal Servizio Geologico Nazionale a tre diverse tipologie di seguito brevemente descritte.

In tutti i casi evidenziati sono stati utilizzati per la scelta dei punti di controllo pozzi già esistenti nelle aree oggetto di studio. Per la organizzazione delle reti sono stati considerati accessibilità, misurabilità dei punti e ripetibilità delle misure.

Nella scelta dei punti di controllo sono stati utilizzati criteri geometrici e idrogeologici (distribuzione spaziale - rappresentatività riferita alle caratteristiche dell'acquifero). In alcuni casi sono state utilizzate le tecniche geostatistiche con l'obiettivo di ridurre il numero dei punti di controllo (ANTONELLI *et alii*, 2001) e una procedura sviluppata in ambiente GIS, che integra la significatività del punto di controllo, le caratteristiche, la vulnerabilità dell'area e le relazioni spaziali con gli altri punti (GIULIANO *et alii*, 2006).

- Studi realizzati a scala operativa (1:25.000) con l'obiettivo di definire la vulnerabilità e realizzare specifici prodotti cartografici.

Un esempio è rappresentato dalla RICERCA SULLA VULNERABILITÀ NATURALE E SUL RISCHIO DI INQUINAMENTO DELLE ACQUE SOTTERRALEE NELLE VALLI DELL'AGNO-GUÀ E DEL CHIAMPO E NELLA ANTISTANTE PIANURA (M. LESSINI ORIENTALI - VICENZA) sviluppato a partire dagli anni '90.

Sono state definite le caratteristiche litostratigrafiche e idrogeologiche, organizzate reti di controllo, valutata la vulnerabilità naturale (ANTONELLI e MARI,1993), censite le attività potenzialmente produttrici di inquinamento e le caratteristiche generali di uso del suolo e del sottosuolo (ANTONELLI *et alii*, 1996), definite le caratteristiche idrochimiche e confrontati sistemi di monitoraggio diversi per numero (204 nella rete completa e 65 nella rete ridotta) e distribuzione di punti di osservazione (ANTONELLI e MARI, 2003).

La predisposizione e organizzazione di reti di controllo differenziate, da utilizzare per le misure di livello di falda e per il prelievo di campioni, ha interessato le idrostrutture individuate (ANTONELLI *et alii*, 1993) nel sottosuolo: acquifero monostrato infravallivo, complesso superficiale di falde A e sistema di acquiferi confinati (I°, II°, III°, IV°) nella porzione centrale e meridionale dell'area.

La rete di controllo piezometrico è composta da 200 pozzi (acquifero monostrato infravallivo 100 punti, complesso superficiale di falde A 53 punti; I°, II° e III° acquifero in pressione 25, 9 e 13 punti rispettivamente) misurati in maggio e ottobre 1986, maggio e ottobre 1987, maggio 1988. Alcuni pozzi sono stati equipaggiati con idrometrografi a registrazione continua per la definizione del regime delle acque sotterranee. In 13 sezioni dei corsi d'acqua (Chiampo, Agno-Guà e affluenti) sono state effettuate 4 misure di portata per la valutazione degli scambi tra acque superficiali e sotterranee.

Nelle fasi di elaborazione dei dati sono stati utilizzati criteri diversi in relazione alle specifiche finalità. Ad esempio la ricostruzione del deflusso sotterraneo, in figura 1, riportata nella carta di vulnerabilità naturale, si riferisce all'acquifero monostrato infravallivo, al complesso superficiale di falde A e al I° acquifero in pressione. Gli acquiferi profondi sono stati infatti considerati sufficientemente protetti sulla verticale, anche se è stata evidenziata la continuità idrogeologica tra sistema acquifero multifalde e acquifero monostrato infravallivo e individuati gli apporti provenienti da altre valli lessinee agli acquiferi II° e III° (ANTONELLI e MARI,1993).

La rete completa utilizzata per le elaborazioni idrochimiche, in figura 2, è costituita da 204 pozzi (acquifero indifferenziato 81 punti, complesso superficiale di falde A e I° acquifero in pressione 87 punti, sistema acquifero profondo di bassa valle 36 punti).

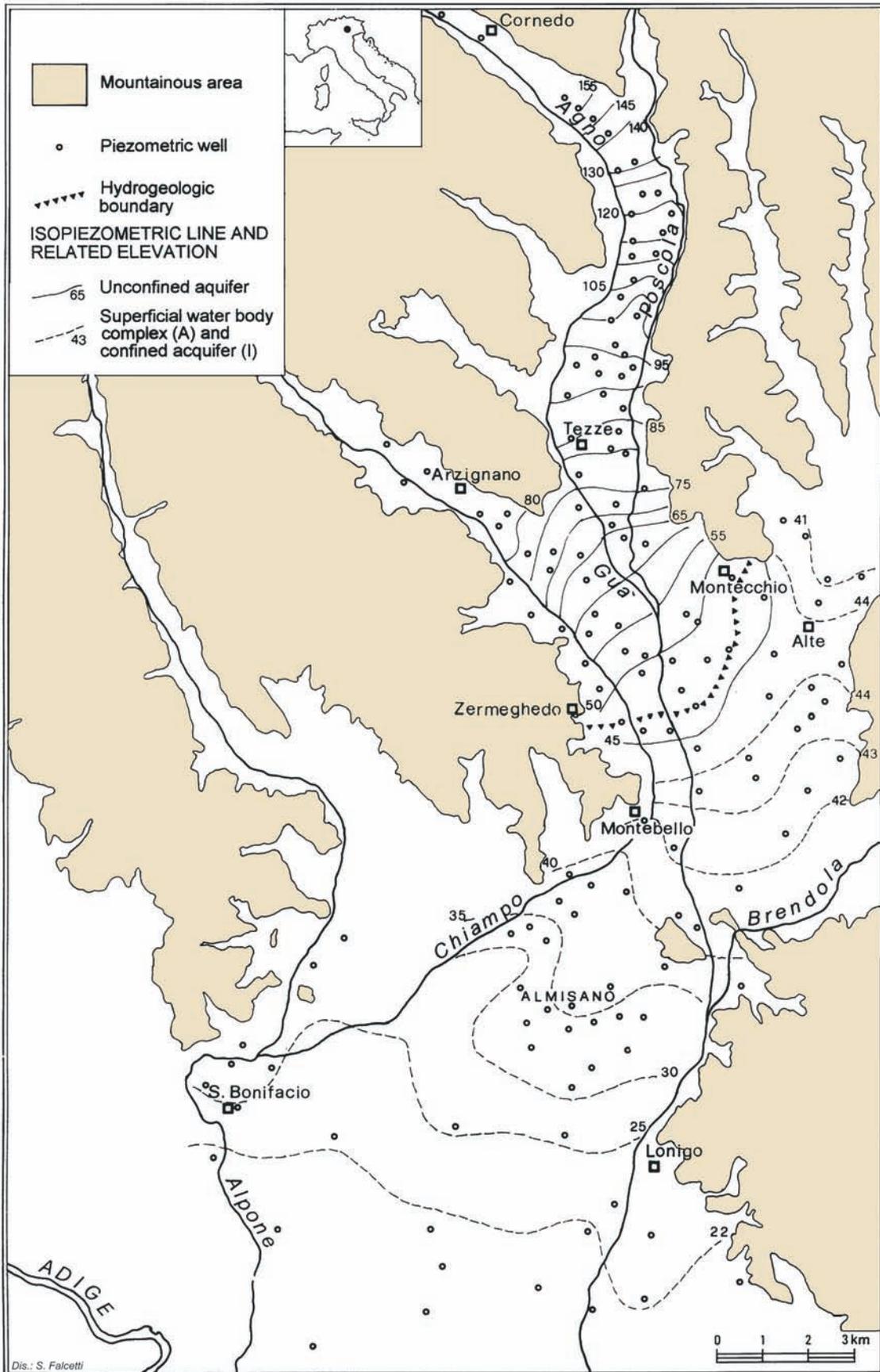


Fig. 1 - Carta del deflusso sotterraneo (novembre 1987) (MARI & ANTONELLI, 1990).
 - Underflow contour line map (november 1987) MARI & ANTONELLI, 1990).

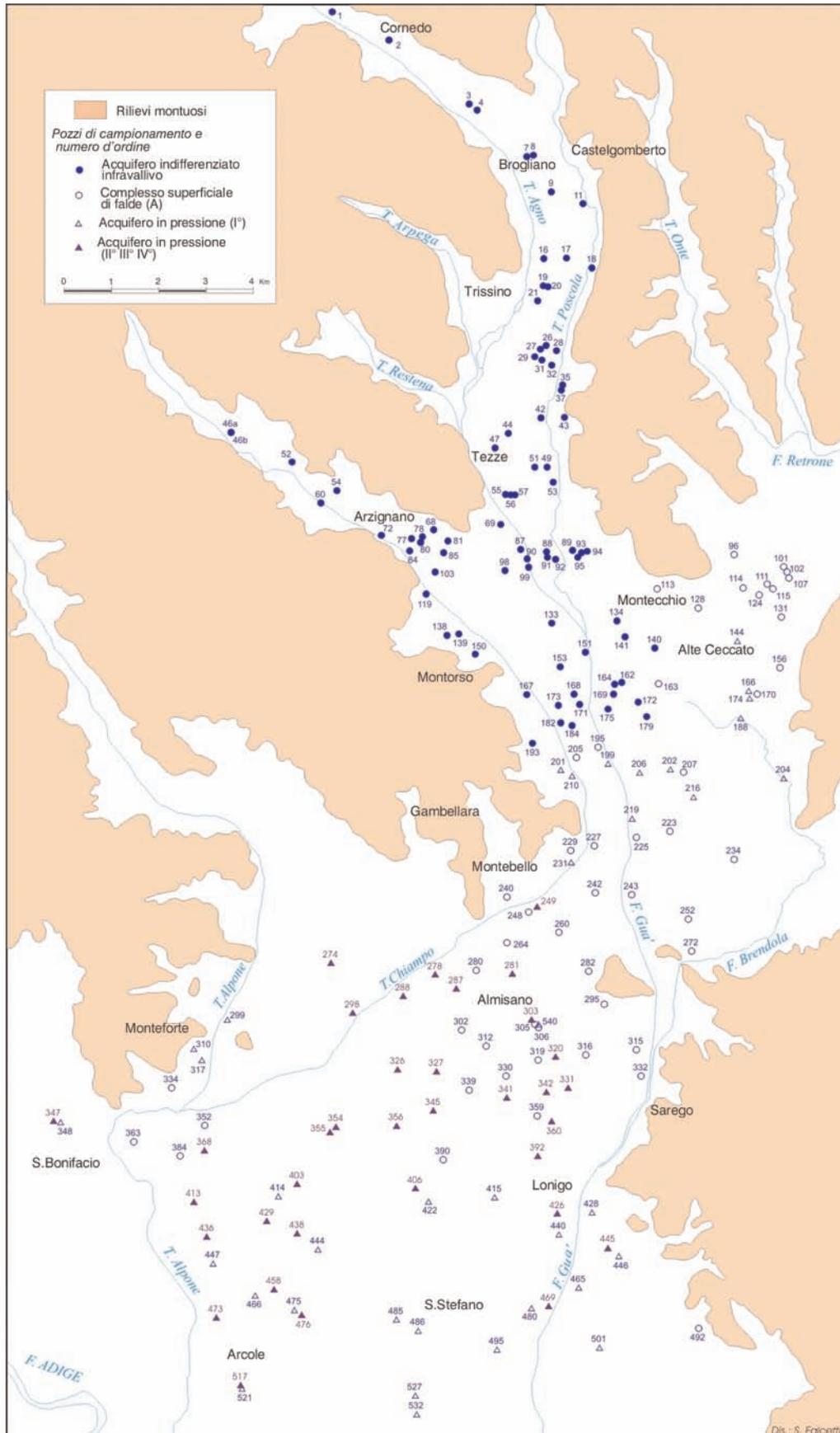


Fig. 2 - Distribuzione dei pozzi di campionamento (ANTONELLI & MARI, 2003).
 - Location of monitoring wells (ANTONELLI & MARI, 2003).

In relazione all'assetto del deflusso sotterraneo, ai processi di alimentazione, alla scala di indagine e alla distribuzione spazio-temporale dei dati idrochimici, nella fase di elaborazione dei dati idrochimici (ANTONELLI e MARI, 2003) sono stati associati da un lato il complesso acquifero indifferenziato, il complesso superficiale di falde A e il I° acquifero confinato, dall'altro i dati relativi ai livelli acquiferi più profondi (II°, III°, IV°).

- Studi realizzati a scala operativa con l'obiettivo di sperimentare la Guida al rilevamento e alla rappresentazione della Carta Idrogeologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Quaderno SGN n° 5, serie III, IPZS, Roma, 1995) e di approfondire specifici aspetti relativi alla definizione di reti di controllo delle caratteristiche dei corpi idrici sotterranei e alla rappresentazione cartografica dei risultati.

E' il caso dello STUDIO IDROGEOLOGICO IN UNA AREA DELLA PIANA DI RIETI, sviluppato attraverso la raccolta dei dati pluviometrici, termometrici, idrometrici e freaticometrici, il censimento dei pozzi (98) e delle sorgenti (35), la identificazione dei complessi idrogeologici, la definizione di una rete preliminare di monitoraggio delle acque sotterranee (68 pozzi e 10 sorgenti), le misure di livello di falda (2000, 2001 e 2002), le misure di portata e le analisi chimico-fisiche speditive mensili, da dicembre 2001 a luglio 2002, delle sorgenti principali (San Liberato, Canapine, Vicenna Riara), le elaborazioni cartografiche (CACCIUNI *et alii*, 2002). Tra queste i grafici portata-tempo, conducibilità-tempo, conducibilità-temperatura per le sorgenti, le carte a isopotenziali e la Carta Idrogeologica preliminare (fig. 3).

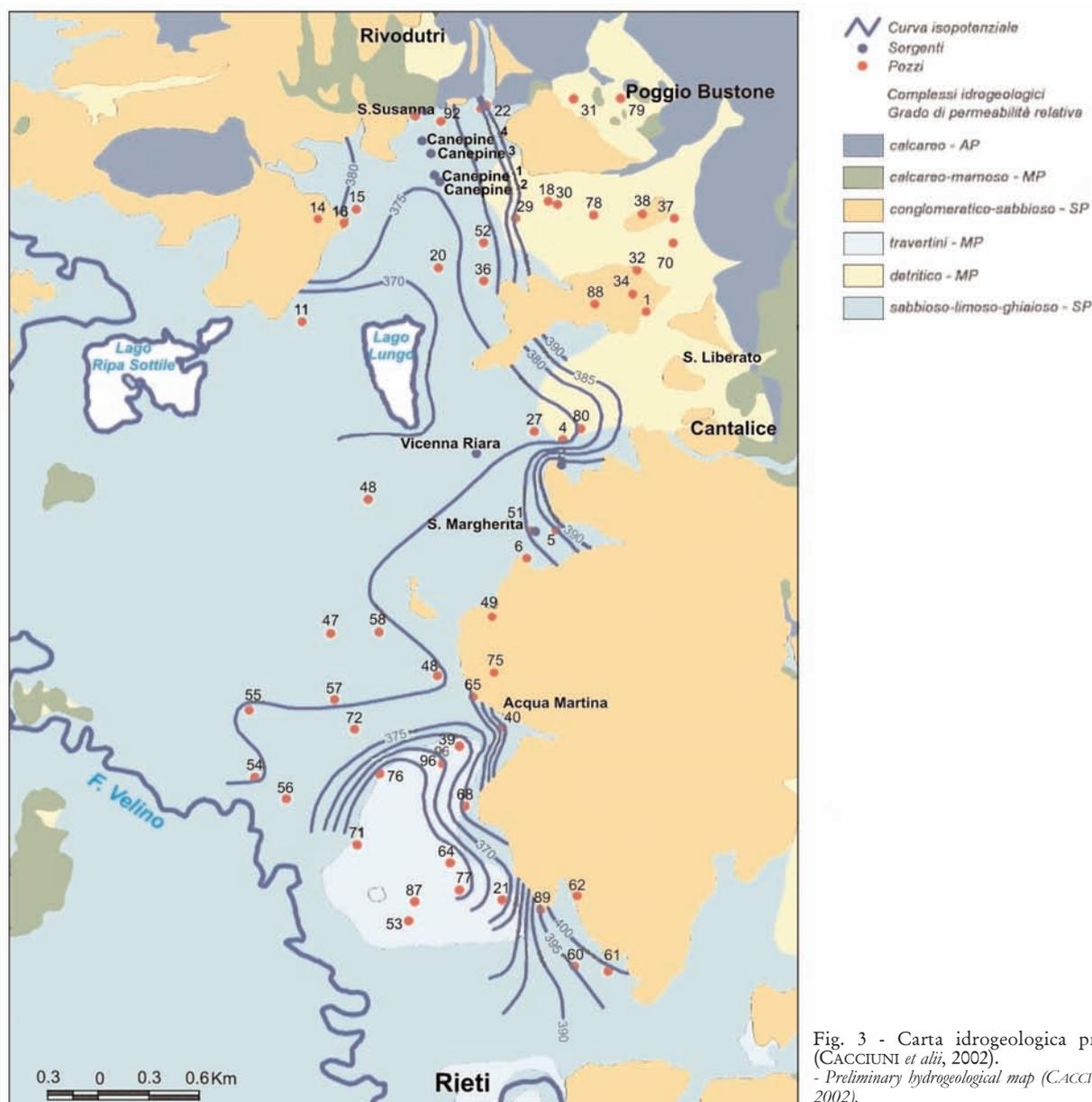


Fig. 3 - Carta idrogeologica preliminare (CACCIUNI *et alii*, 2002).
- Preliminary hydrogeological map (CACCIUNI *et alii*, 2002).

- Studi realizzati a scala regionale con l'obiettivo di approfondire la relazione tra vulnerabilità del sistema acquifero, configurazione dei carichi antropici e specificità delle azioni di monitoraggio e di realizzare carte di vulnerabilità integrate in un obiettivo di monitoraggio.

Un esempio è rappresentato dal PROGETTO CARTE DI VUNERABILITÀ ALL'INQUINAMENTO FINALIZZATE AL MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI promosso nel 2002 dal Servizio Geologico Nazionale e realizzato, per quanto attiene agli aspetti metodologici generali e alla prima sperimentazione nell'area centro settentrionale della provincia di Roma, in collaborazione con l'Istituto di Ricerca sulle Acque IRSA del CNR (MARI *et alii*, 2006).

La ricerca ha prodotto cartografie numeriche georeferenziate alla scala 1:100.000 di contenuto fortemente innovativo (carta della capacità di infiltrazione potenziale CIP, carta della capacità di protezione del non saturo CPNS, carta della suscettività delle falde al degrado qualitativo SDEQ) e sviluppato specifici criteri e metodologie di selezione dei punti della rete di controllo.

A partire da 121 punti di controllo potenzialmente utilizzabili, individuati attraverso attività ricognitive documentali e di campagna, è stata selezionata una rete esecutiva (fig. 4) composta da 50 punti, attraverso una valutazione idrochimica e idrogeologica che non considera in modo esplicito la vulnerabilità. Le caratteristiche dei punti sono espresse attraverso 9 parametri (gestore, accessibilità, stato di conservazione, misurabilità, portata, uso del suolo, concentrazione di As, Cl e NO₃).

Per ogni parametro sono state individuate più classi e ad ognuna di esse è stato attribuito un punteggio. La valutazione della significatività è stata espressa mediante una specifica funzione di valutazione (GIULIANO *et alii*, 2006).

Una seconda procedura, sviluppata in ambiente GIS, consente di progettare la rete in modo integrato e di considerare la significatività del punto di controllo in funzione delle sue caratteristiche, insieme alla vulnerabilità dell'area di localizzazione e alle relazioni spaziali con gli altri punti. La procedura, articolata in tre specifiche fasi di implementazione - analisi della distribuzione dei punti

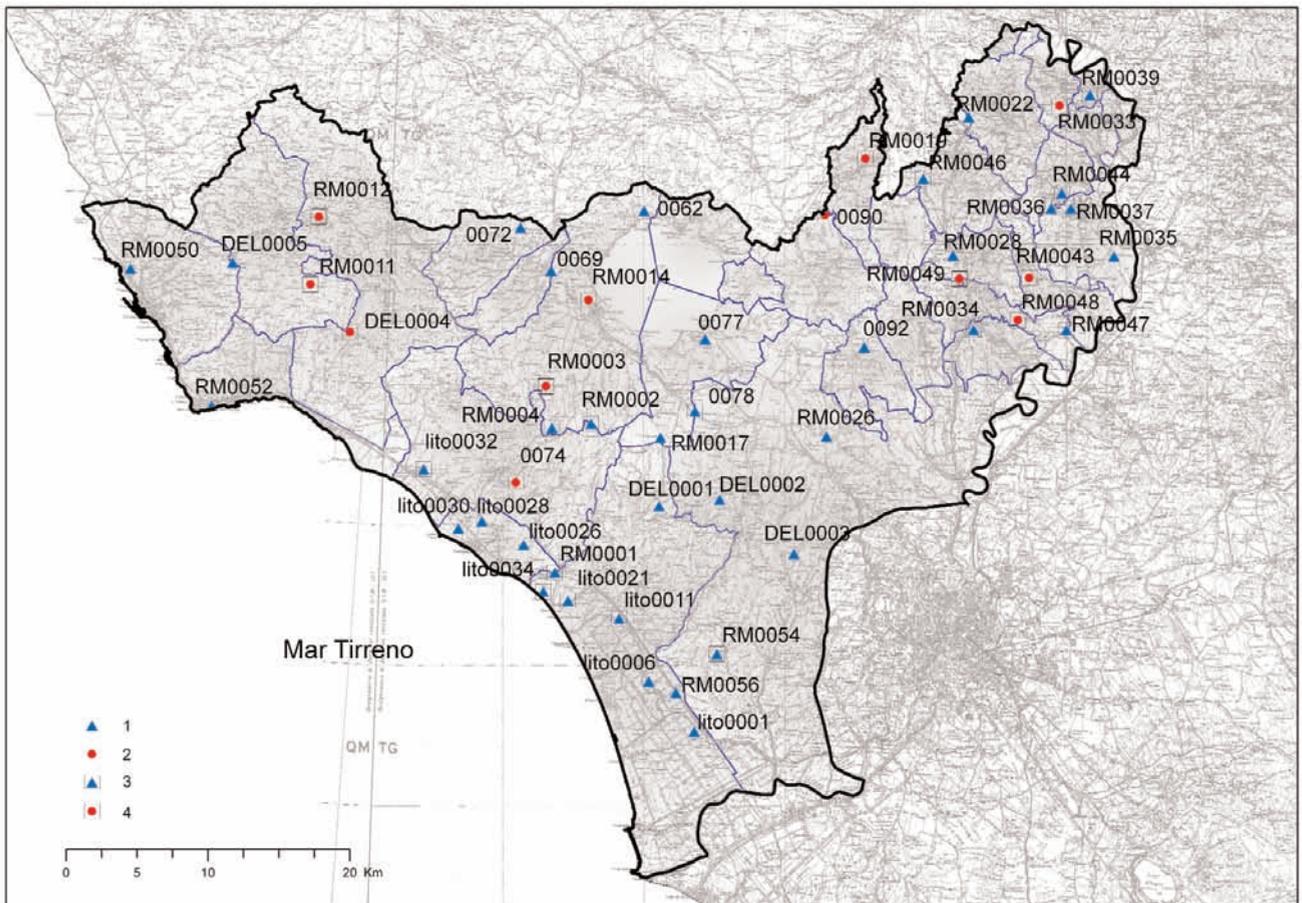


Fig. 4 - Rete esecutiva (50 punti). 1 = pozzi; 2 = sorgenti; 3 = pozzi con misura del livello idrico; 4 = sorgenti con informazioni sulla portata (GIULIANO *et alii*, 2006).

- Operational network (50 points). 1 = wells; 2 = springs; 3 = wells with measured piezometric level; 4 = springs with discharge data (GIULIANO *et alii*, 2006).

mediante griglie di dimensioni variabili applicate alla carta della suscettività delle falde al degrado qualitativo SDEQ, studio della distribuzione spaziale dei punti e analisi di densità, analisi di prossimità - evidenziate in figura 5, ha individuato una

rete ottimizzata (fig. 6) in parte coincidente con la rete esecutiva (GIULIANO *et alii*, 2006).

- Studi sviluppati a scala regionale finalizzati alla organizzazione, sulla base del modello idrogeologico concettuale, delle utilizzazioni delle risorse

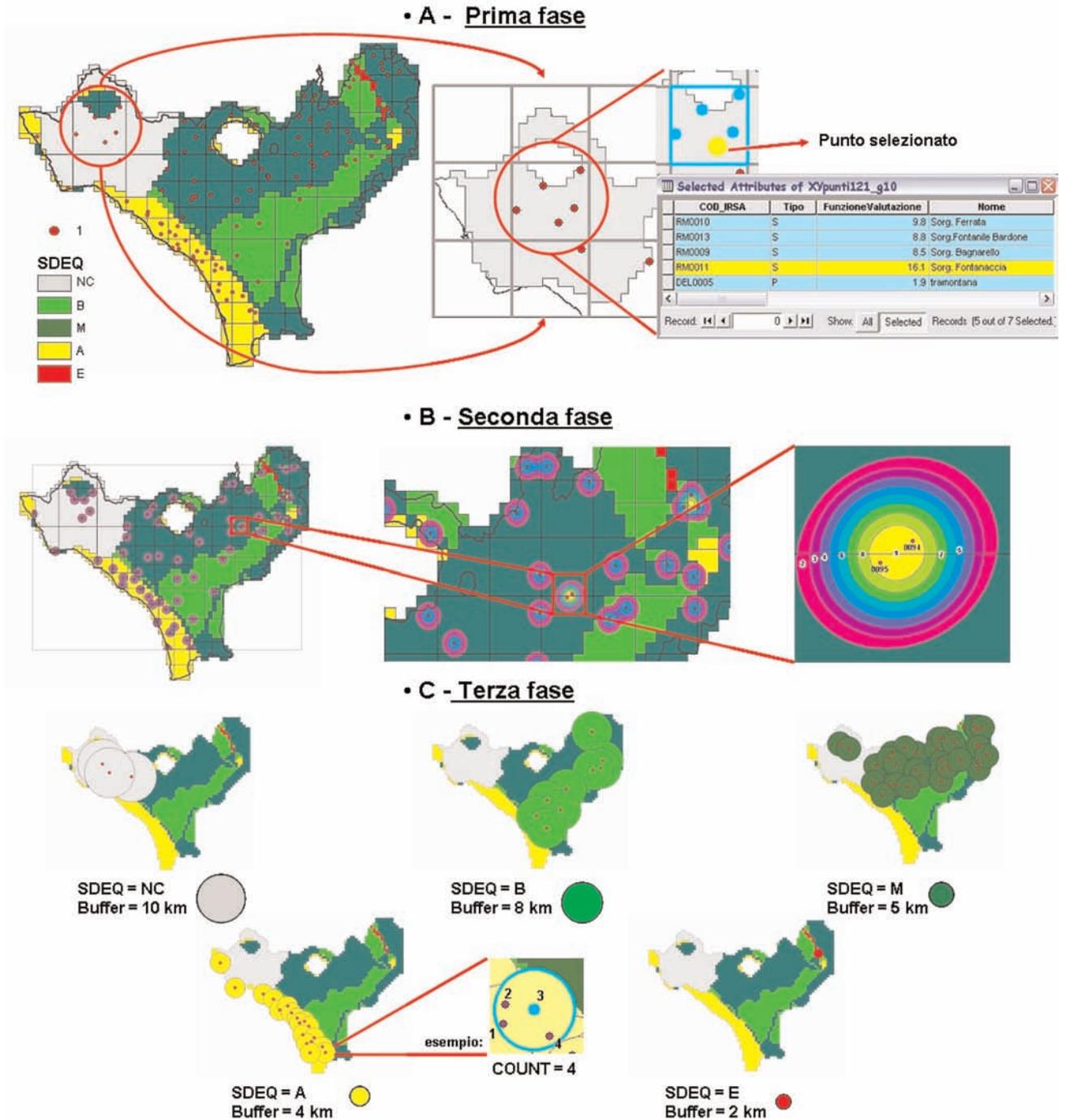


Fig. 5 - Fasi della procedura (GIS) di selezione della rete. A) Prima fase. Analisi della distribuzione di punti mediante griglie di dimensioni variabili (10, 8, 5, 4, 2 km) applicate alla carta della suscettività delle falde al degrado qualitativo SDEQ generalizzata; 1 = punti di campionamento; SDEQ: NC = Non Classificata; B = Bassa; M = Media; A = Alta; E = elevata. B) Seconda fase. Analisi di densità. C) Terza fase. Analisi di prossimità mediante buffer con raggio differenziato (10, 8, 5, 4, 2 km) in funzione della suscettività delle falde al degrado qualitativo SDEQ. (GIULIANO *et alii*, 2006).

- Phases of the network selection (GIS procedure). A) First phase. Point distribution analysis by means of square grids in which cell size differs as a function of the groundwater susceptibility to quality degradation SDEQ. 1 = sampling points; SDEQ: NC = not classified; B = Low; M = Medium; A = High; E = Very High. B) Second phase. Density analysis. C) Third phase. Proximity analysis by means of the buffer tool with radius (10, 8, 5, 4, 2 km), decreasing with the groundwater susceptibility to quality degradation SDEQ (GIULIANO *et alii*, 2006).

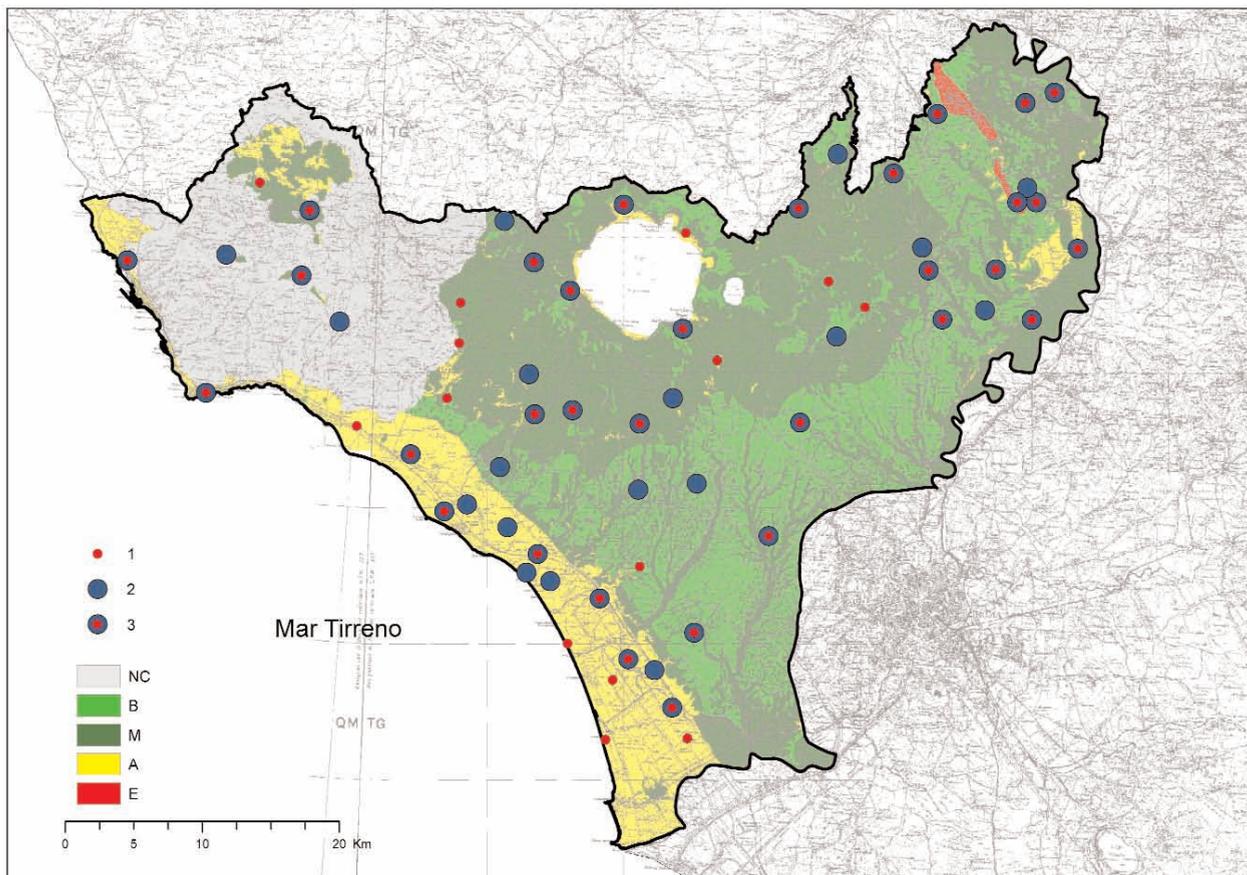


Fig. 6 - Confronto tra i punti selezionati nella rete di monitoraggio manuale e quelli ottenuti attraverso la procedura GIS. 1: punti selezionati solo dalla procedura (46); 2: punti selezionati solo nella rete di monitoraggio manuale (50); 3: punti selezionati da entrambe le procedure (37). Suscettività delle falde al degrado qualitativo SDEQ: NC = Non Classificata (area di affioramento del complesso dei flysch non considerata perché interessata da circolazione idrica sotterranea discontinua e localizzata); B = Bassa; M = Media; A = Alta; E = Elevata. (GIULIANO *et alii*, 2006).

- Comparison of the points selected in the operational monitoring network and those selected by means of the GIS procedure. 1: points selected only by means of the GIS procedure; 2: points selected only in the operational monitoring network; 3: points selected by both procedures. Groundwater susceptibility to quality degradation SDEQ: NC = Not Classified (flysch outcropping area not considered because characterized by discontinuous and localised groundwater flow); B = Low; M = Medium; A = High; E = Very high. (GIULIANO *et alii*, 2006).

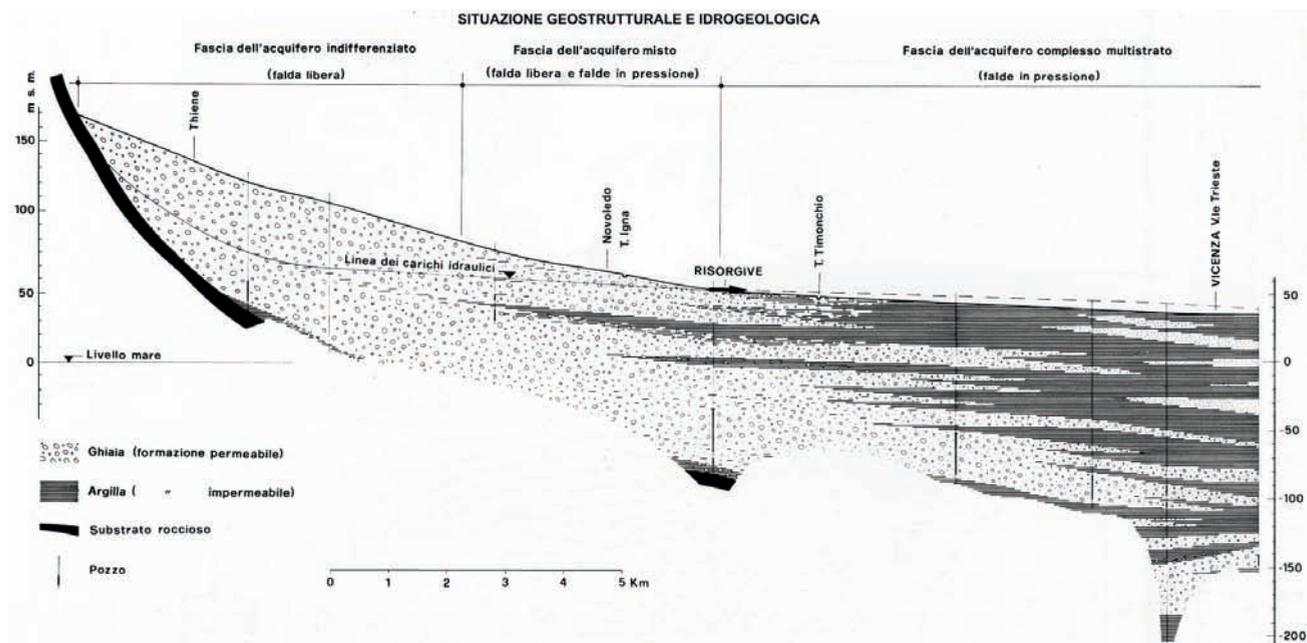


Fig. 7 - Sezione litostratigrafica e idrogeologica tipo dai rilievi prealpini al mare Adriatico (MARCOLONGO & PRETTO 1987).
- Lithostratigraphic and hydrogeologic cross section from prealpine mountains to Adriatic sea (MARCOLONGO & PRETTO 1987).

idriche e del contesto territoriale, di reti di punti di osservazione dei parametri di interesse differenziate per ciascuna delle unità acquifere con continuità spaziale. A questa tipologia è riconducibile il PROGETTO DI RIORGANIZZAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI NEL TERRITORIO DI COMPETENZA DELL'UFFICIO COMPARTIMENTALE IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO DI VENEZIA promosso nel 1996.

Nell'area di progetto - bacini sfocianti sul litorale alto adriatico a nord del Po e il tratto costiero tra il confine nazionale e Porto Levante, incluse le superfici lagunari venete - sono reperibili, a partire dai rilievi prealpini verso il mare Adriatico (fig. 7), un complesso acquifero indifferenziato (alta pianura tra rilievi prealpini e limite settentrionale della fascia delle risorgive), un complesso superficiale di falde e una serie di acquiferi sovrapposti in pressione (media e bassa pianura a sud del limite settentrionale della fascia delle risorgive). Alla complessità idrogeologica si aggiungono la prevalente utilizzazione delle risorse idriche sotterranee per scopi idropotabili e un rilevante impatto antropico riferito alla elevata concentrazione di insediamenti urbani e atti-

vità civili, industriali, agricole e zootecniche.

Le attività di progetto sono state sviluppate in tre fasi distinte.

Nella prima fase (1996-1999) in una area delimitata da fiume Tagliamento, rilievi prealpini, rilievi Berico - Euganei, fiume Bacchiglione e linea di costa è stato realizzato il censimento delle principali reti di controllo delle acque sotterranee, il censimento dei dati relativi all'approvvigionamento idropotabile, utilizzati i dati litostratigrafici e idrogeologici delle nuove perforazioni (legge n. 464/84) e ricostruite con misure dirette le direzioni di deflusso delle acque sotterranee.

Le curve isopiezometriche relative alle misure effettuate nel 1996 nella media e bassa pianura sono evidenziate in figura 8. I punti appartengono in massima parte alla rete di controllo predisposta dalla Regione del Veneto nell'ambito del PRRA Piano Regionale di Risanamento delle Acque, misurata con una discreta continuità dal 1981 al 1986 (MARI, 1985) e utilizzata per la taratura di un modello matematico idrogeologico e per le simulazioni sul comportamento degli acquiferi (MARI *et alii*, 1989).

I punti di controllo hanno profondità compre-

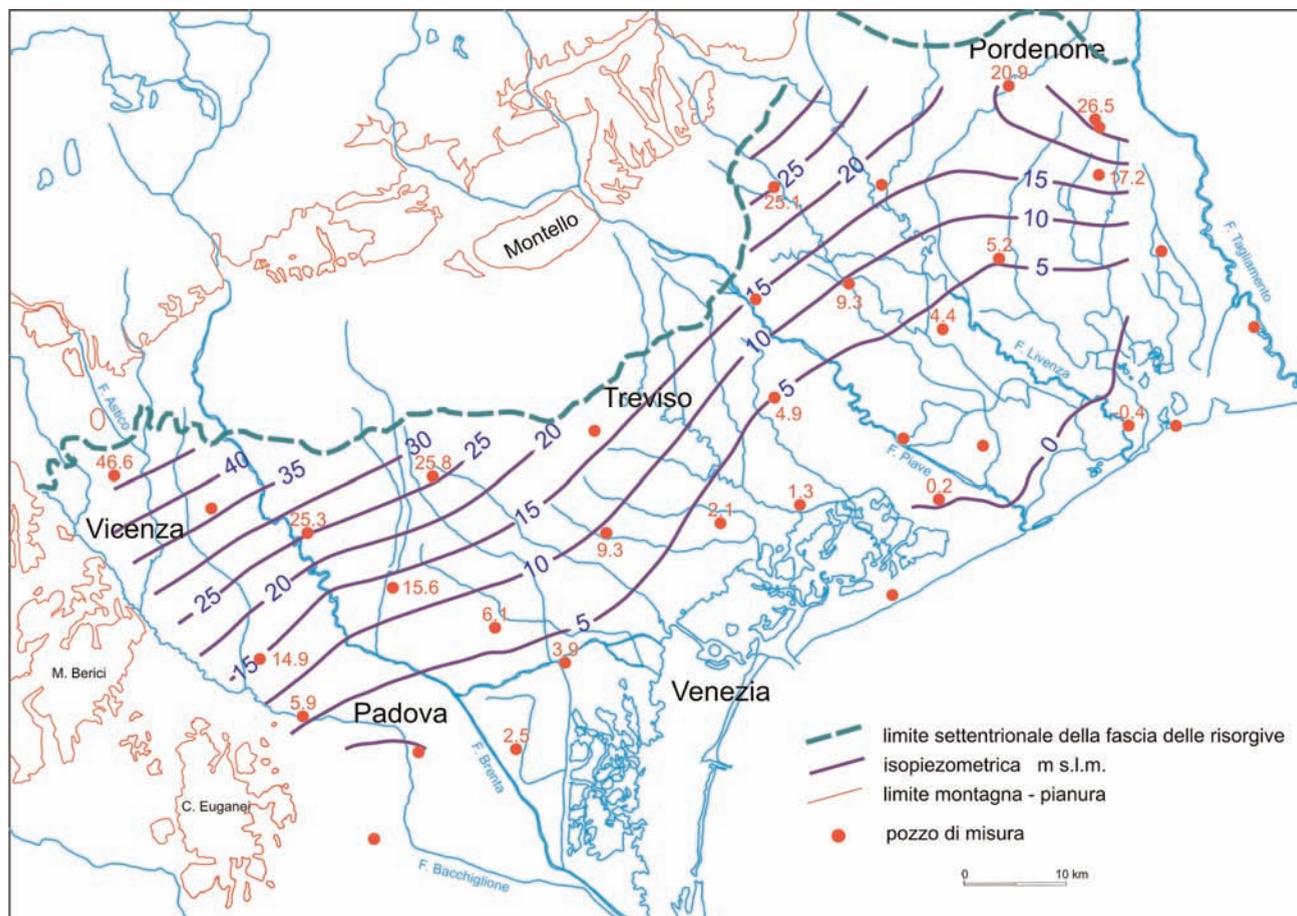


Fig. 8 - Carta piezometrica. Rilievi 1996. (MARI *et alii*, 1999 b).
 - Isopiezometric contour line map (1996). (MARI *et alii*, 1999 b).

se tra 200 m e 300 m (12 pozzi), tra 100 m e 200 m (10 pozzi) e inferiori a 100 m (10 pozzi) dal p.c. e interessano quindi differenti livelli acquiferi sovrapposti in pressione (MARI *et alii*, 1999a, 1999b, 2000).

La quantità dei punti di controllo utilizzati per le ricostruzioni del deflusso sotterraneo nell'alta pianura è evidente sia in destra e sinistra Brenta (fig. 9) che nel settore trevigiano (fig.10).

Nella seconda fase (1999-2001), nell'area di pianura compresa tra i fiumi Livenza e Laverda-Bacchiglione, i rilievi prealpini e la linea di costa, sono stati approfonditi gli aspetti metodologici e operativi relativi alla organizzazione di una rete di controllo differenziata per ciascuna delle unità acquifere e finalizzata alla ricostruzione dei campi di flusso. Le attività sono state svolte nell'ambito della Convenzione tra Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali e Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica della Università degli Studi di Padova (repertorio n° 090 del 16/6/1999).

A partire dai nuovi dati litostratigrafici e idrogeologici relativi a oltre 1000 perforazioni, in genere completate con un unico tratto filtrante, disponibili nel 2000 (legge 464/84) sono stati evidenziati diversi elementi di interesse, in particolare relativi alle profondità di perforazione e alla utilizzazione della risorsa sot-

terranea, e sviluppate le conoscenze sull'assetto idrostrutturale.

Sono stati identificati 4 domini idrogeologici (settore orientale, tra i fiumi Livenza e Piave, esteso dal rilievo prealpino al mare; settore centrale, tra i fiumi Piave e Brenta; settore occidentale, tra i fiumi Brenta e Astico-Tesina; settore di bassa pianura, che delimita a S il settore centrale e il settore occidentale, ed è delimitato a S dal fiume Bacchiglione) e definite le unità acquifere (tab.1) caratterizzate da una sufficiente continuità spaziale, da considerare nella costruzione della rete dei punti di osservazione (ANTONELLI *et alii*, 2001).

La scelta dei punti di controllo ha come presupposto la definizione di un modello concettuale litostratigrafico e idrogeologico e si realizza attraverso un complesso lavoro di verifica *in situ* di tutti i punti potenzialmente candidati, con l'obiettivo di ottenere una distribuzione omogenea dei punti e di produrre misure significative, correlabili e ripetibili.

Nell'area oggetto di studio - oltre 3000 Km² - sono state effettuate circa 500 verifiche *in situ* ai potenziali punti di controllo ed effettuate 223 misure piezometriche nella prima campagna e 234 misure piezometriche nella seconda. Le misure di livello verificano la funzionalità e la significatività del progetto di monitoraggio e la validità del modello con-

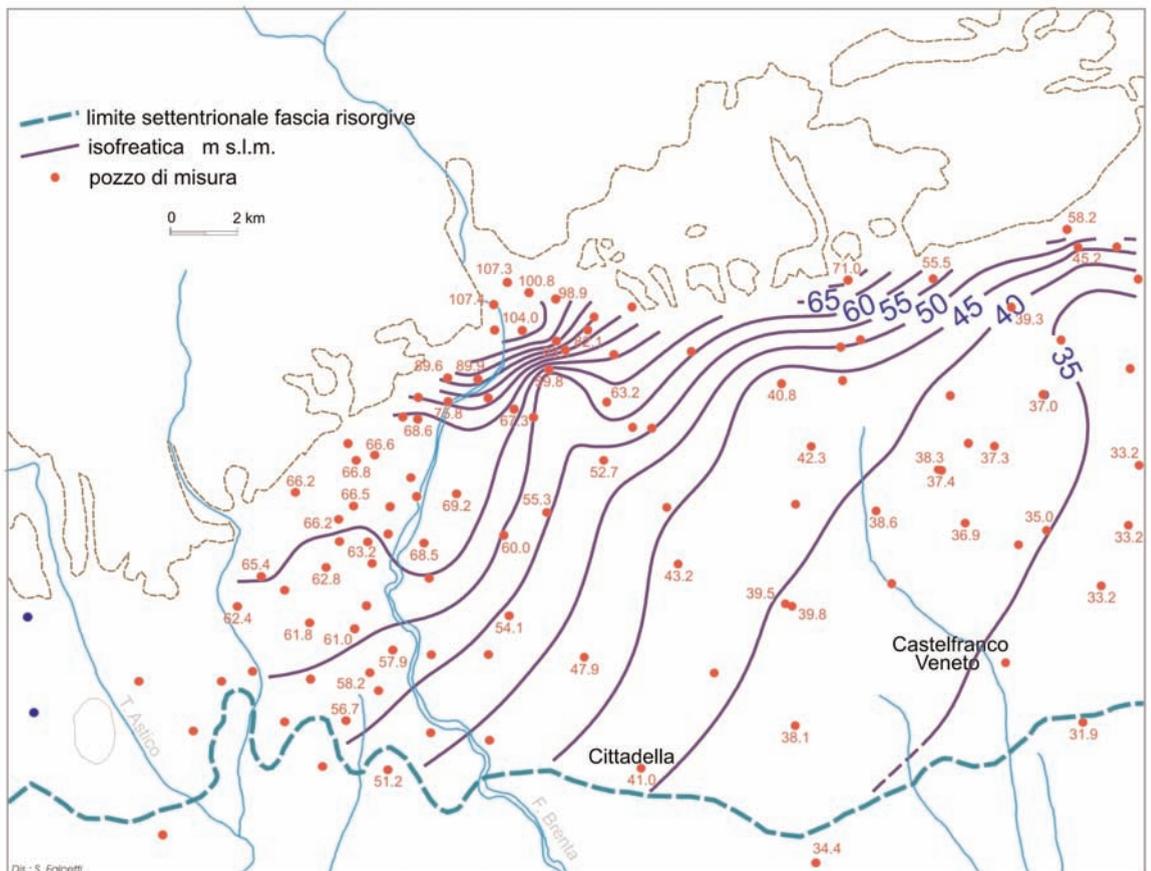


Fig. 9 - Carta isofreatica dell'alta pianura in destra e sinistra Brenta. Rilievi 1997 (MARI & VENTURA, 1999). - *Isofreatic contour line map (1997) in the Brenta river upper plain (MARI & VENTURA, 1999).*

Dit.: S. Falocci

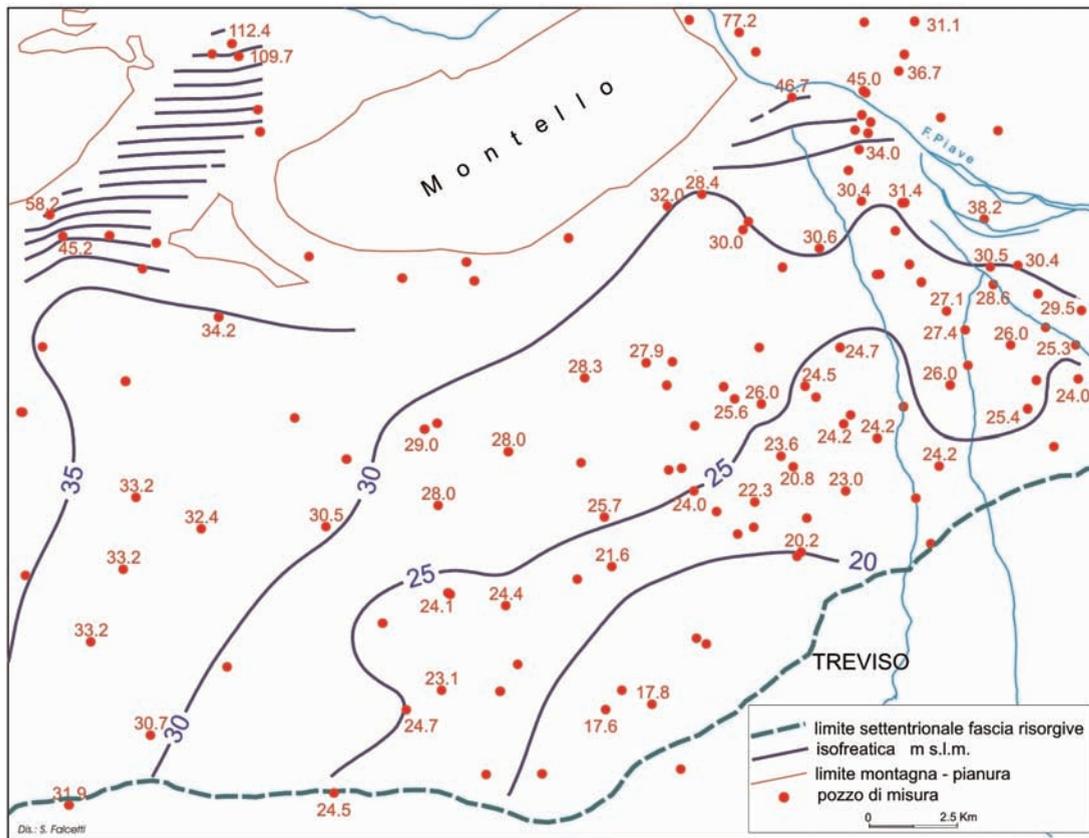


Fig. 10 - Carta isofreatica dell'alta pianura trevigiana. Rilievi 1997 (MARI et alii, 1999 b).
- Isophreatic contour line map (1977) in the upper plain of Treviso (MARI et alii, 1999 b).

TAB. 1 - Individuazione delle unità acquifere sulla base della interpretazione strutturale del sottosuolo (ANTONELLI et alii, 2001).

- The main aquifer units deduced from the litho-stratigraphic and hydrogeologic cross sections (ANTONELLI et alii, 2001).

Unità acquifera	Dominio di bassa pianura m da p.c.	Dominio occidentale m da p.c.	Dominio centrale m da p.c.	Dominio orientale m da p.c.
A	p.c.- 90	p.c. - 70	p.c. - 80	p.c. - 70
I	100 - 140	120 - 150	90 - 140	80 - 130
II	150 - 230	180 - 200	150 - 220	140 - 180
III	250 - 270	220 - 250	220 - 250	200 - 240
IV	280 - 300		260 - 280	260 - 280
V	300 - 330		300 - 330	300 - 340
VI	360 - 400		360 - 380	360 - 400
SISTEMI PROFONDI			> 400	> 400

Unità acquifera	Dominio di bassa pianura		Dominio occidentale		Dominio centrale		Dominio orientale		N° totale di pozzi	
	R	INT	R	INT	R	INT	R	INT	R	INT
indifferenziato			22		65		4		91	
A	3	2	5	1	11	7	1	1	20	11
I	8	10	6	4	24	11	7	2	45	27
II	6	2	5	1	14	6	6		31	9
III	1		2	4	11	2	4		18	6
IV	2				13	2			15	2
V			2		6	3	1	1	9	4
VI					5	1			5	1
totali A-VI	20	14	20	10	84	32	19	4	143	60

R = pozzi di rete INT = pozzi di integrazione

TAB. 2 - Quadro generale ed ottimizzato della rete di controllo (ANTONELLI et alii, 2001).

- General and optimized monitoring network (ANTONELLI et alii, 2001).

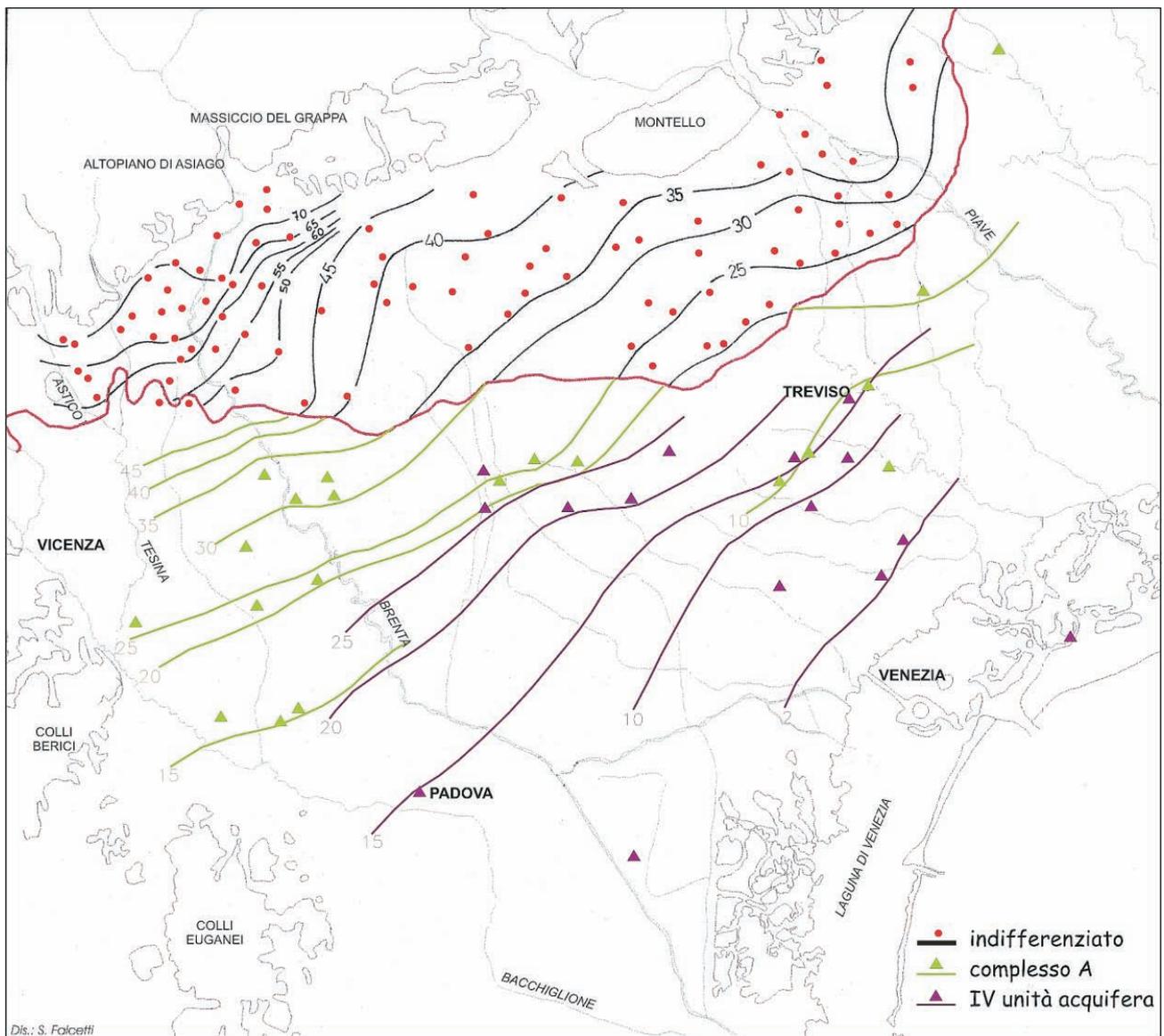


Fig. 11 - Carta degli isopotenziali : acquifero indifferenziato, complesso A e IV unità acquifera. Rilievi gennaio 2001 (ANTONELLI *et alii*, 2001).
 - Groundwater contour map: unconfined aquifer, complex A and IV aquifer unit (January 2001) (ANTONELLI *et alii*, 2001).

cettuale litostratigrafico e idrostrutturale.

La tabella 2 evidenzia il quadro generale e ottimizzato dal punto di vista litostratigrafico e idrogeologico della rete di controllo realizzata nell'ambito della ricerca.

Nell'area di alta pianura i principali elementi utilizzati nella scelta dei punti di controllo sono rappresentati dalla possibilità di ripetere le misure, dalla necessità di realizzare una distribuzione omogenea dei punti e dai processi di ricarica naturale delle acque sotterranee. Nella media e bassa pianura i punti di rilevamento scelti nei singoli domini e le rispettive integrazioni rappresentano il totale dei punti effettivamente disponibili a seguito delle verifiche di campagna per ciascuna delle unità acquifere considerate.

Il prodotto della elaborazione dei dati è rap-

presentato da carte a isopotenziali per ciascuna unità acquifera individuata e estesa alla scala regionale. Come esempio si riportano la Carta degli isopotenziali: acquifero indifferenziato, complesso A e IV unità acquifera (fig. 11) e la Carta degli isopotenziali: acquifero indifferenziato, I e VI unità acquifera (fig. 12) entrambe relative ai rilievi effettuati a gennaio 2001 (ANTONELLI *et alii*, 2001).

Nell'ambito del progetto di ricerca sono state utilizzate metodologie geostatistiche (*kriging*) con l'obiettivo di ridurre i punti di misura. Dalla analisi delle tabelle 3 e 4 si evidenziano le proposte di maggiore interesse nel settore centrale dell'area di studio: nel complesso acquifero indifferenziato (tab. 3) una riduzione dei punti da 91 a 50 determina un peggioramento percentuale della varianza

TAB. 3 - Riduzione dei punti di monitoraggio attraverso metodologie geostatistiche. Complesso acquifero indifferenziato (ANTONELLI et alii, 2001).

- Reduction of the monitoring network by means of geostatistical methodologies. Unconfined aquifer system (ANTONELLI et alii, 2001).

N° TOTALE DI PUNTI 91		
PROPOSTE	N° PUNTI	G%
1°	75	1.3 %
2°	71	1.9 %
3°	61	4.6 %
4°	50	7.3 %
5°	33	44.9 %

TAB. 4 - Riduzione dei punti di monitoraggio attraverso metodologie geostatistiche: I Unità acquifera in pressione (ANTONELLI et alii, 2001).

Reduction of the monitoring network by means of geostatistical methodologies: I confined unit (ANTONELLI et alii, 2001).

N° TOTALE DI PUNTI 37		
PROPOSTE	N° PUNTI	G%
1°	16	85%
2°	27	5.8%

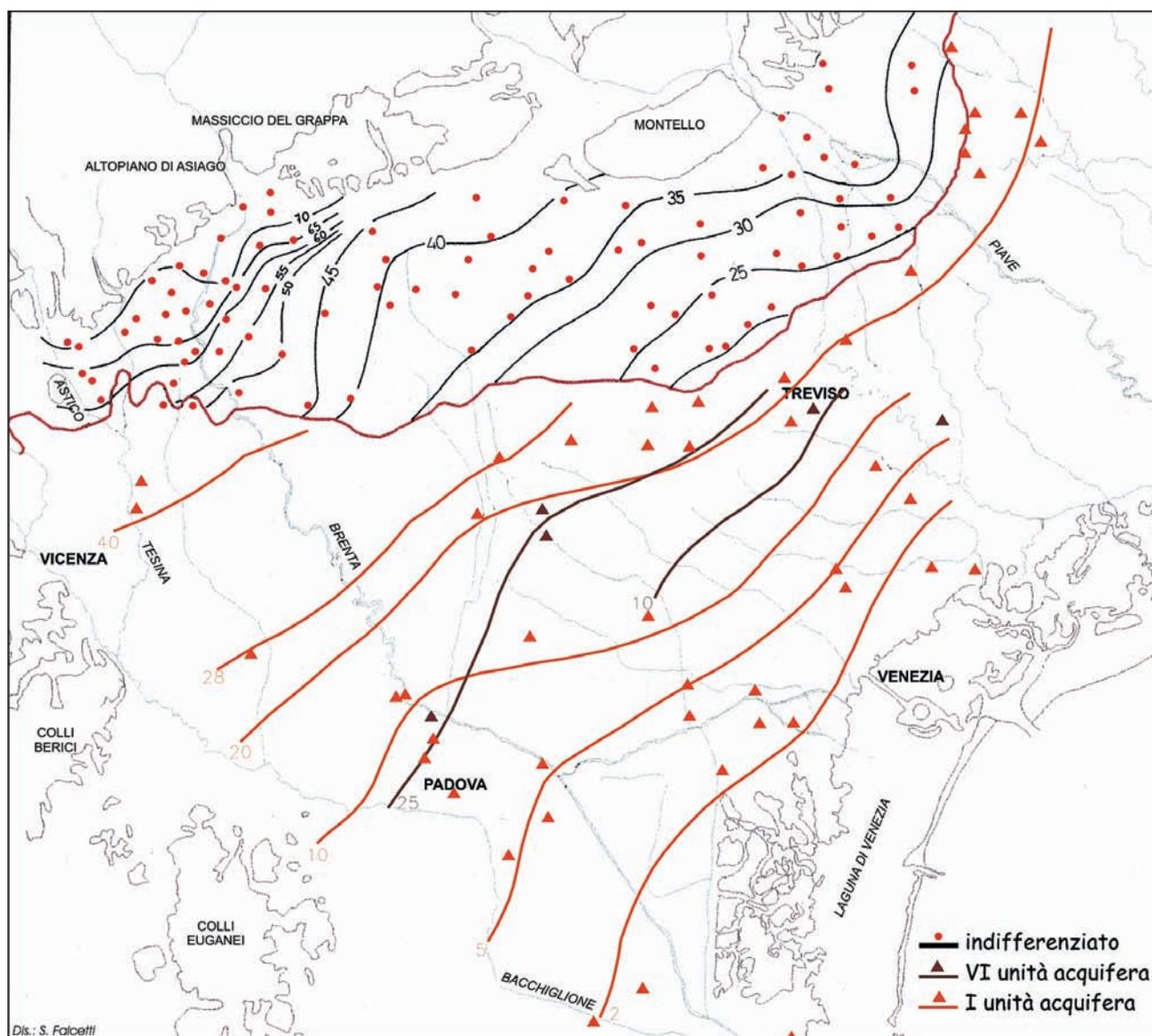


Fig. 12 - Carta degli isopotenziali : acquifero indifferenziato, I e VI unità acquifera. Rilievi gennaio 2001 (ANTONELLI et alii, 2001).
 - Groundwater contour map: unconfined aquifer, I and VI aquifer units (January 2001) (ANTONELLI et alii, 2001).

dell'errore di stima G% di 7.3% e nella I° unità acquifera in pressione nella media e bassa pianura (tab. 4), una riduzione di punti da 37 a 27 determina un peggioramento percentuale della varianza dell'errore di stima G% di 5.8%. In entrambi i casi (figg. 13 e 14) si ottiene una corretta rappresentazione dell'assetto del deflusso sotterraneo (MARI *et alii*, 2004).

I rilievi piezometrici eseguiti in contemporanea sui punti di controllo di ciascuna delle unità acquifere identificate, per la prima volta possibili proprio grazie agli approfondimenti del PROGETTO DI RICERCA, e la elaborazione delle misure, hanno evidenziato la particolare uniformità del campo di flusso in tutte le unità acquifere su gran parte del territorio preso in considerazione.

La seconda fase della ricerca si è quindi conclusa con una proposta operativa con l'obiettivo di superare sia le difficoltà di completamento che quelle di gestione derivanti dalla realizzazione di 6 reti distinte nei settori di media e bassa pianura: una sola rete *standard* di riferimento, realizzata in modo ottimale, ad esempio quella relativa alla I° unità acquifera confinata, potrebbe infatti consentire di ottenere una sufficiente rappresentatività di tutte le altre reti, da integrare con un numero modesto di punti di rilevamento (ANTONELLI *et alii*, 2001).

3. - PROGETTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI ACQUIFERI DELLA BASSA PIANURA FRIULANA IN PROVINCIA DI UDINE.

La terza fase del PROGETTO DI RIORGANIZZAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI NEL TERRITORIO DI COMPETENZA DELL'UFFICIO COMPARTIMENTALE IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO DI VENEZIA si identifica con l'applicazione della metodologia sperimentata nella pianura veneta in altri contesti territoriali di interesse dal punto di vista idrogeologico e ambientale, secondo una articolazione che prevede le fasi: definizione del modello litostratigrafico e idrogeologico, utilizzazioni delle risorse idriche sotterranee, rete preliminare, lavoro di campagna, proposta di rete di controllo quantitativo per la ricostruzione del deflusso sotterraneo.

Con l'obiettivo di organizzare un ulteriore segmento di rete sperimentale di controllo quantitativo delle acque sotterranee si è attivata una convenzione tra Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali e Università degli Studi di Udine - Dipartimento Georisorse e Territorio (n° di repertorio 191 del 12.12.2001) per realizzare il PROGETTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI ACQUIFERI DELLA BASSA PIANURA FRIULANA IN PROVINCIA DI UDINE.

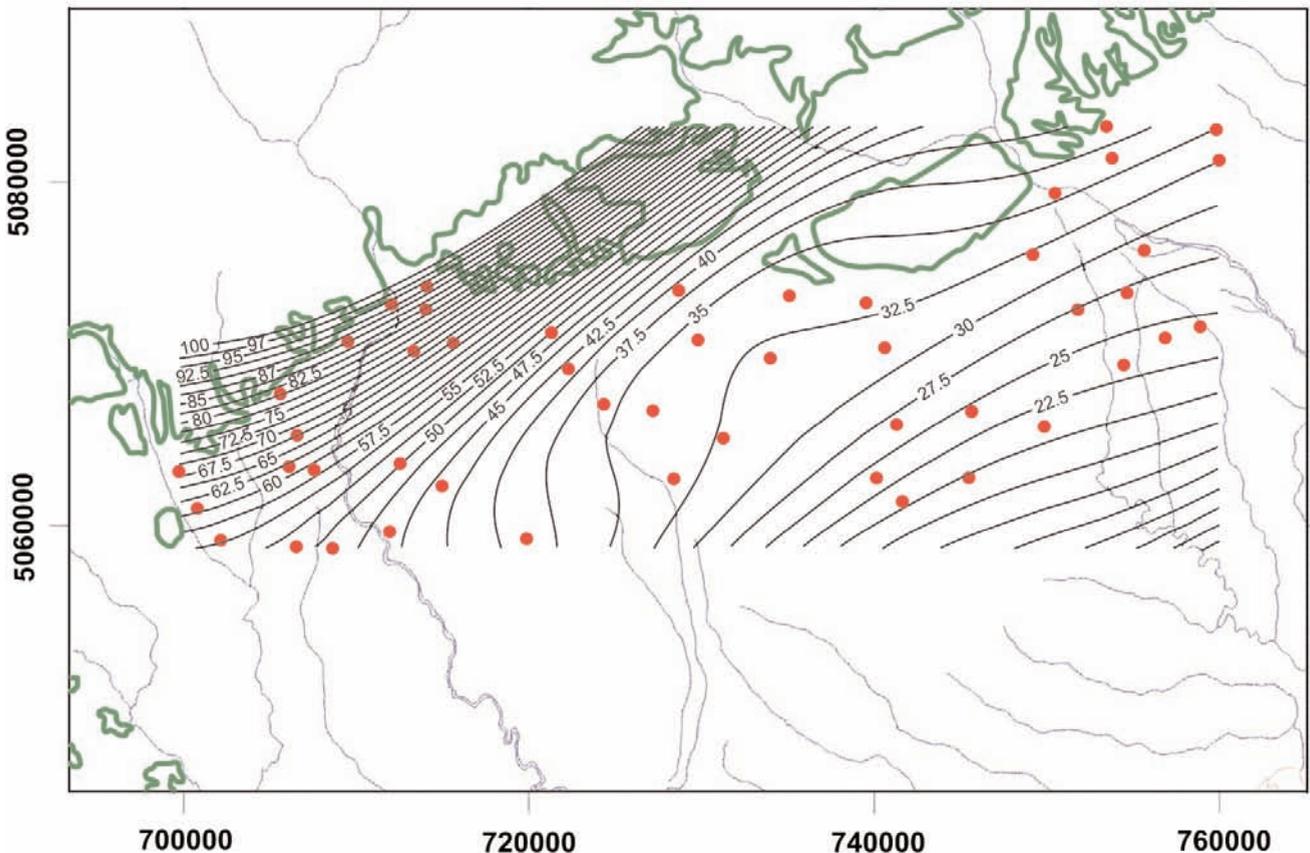


Fig. 13 - Carta degli isopotenziali : acquifero indifferenziato con 50 punti di misura (4° proposta di tab. 3). Settembre 2000 (MARI *et alii*, 2004).
- Groundwater contour map: unconfined aquifer by 50 measured wells (4° hypothesis of table 3). September 2000 (MARI *et alii*, 2004).

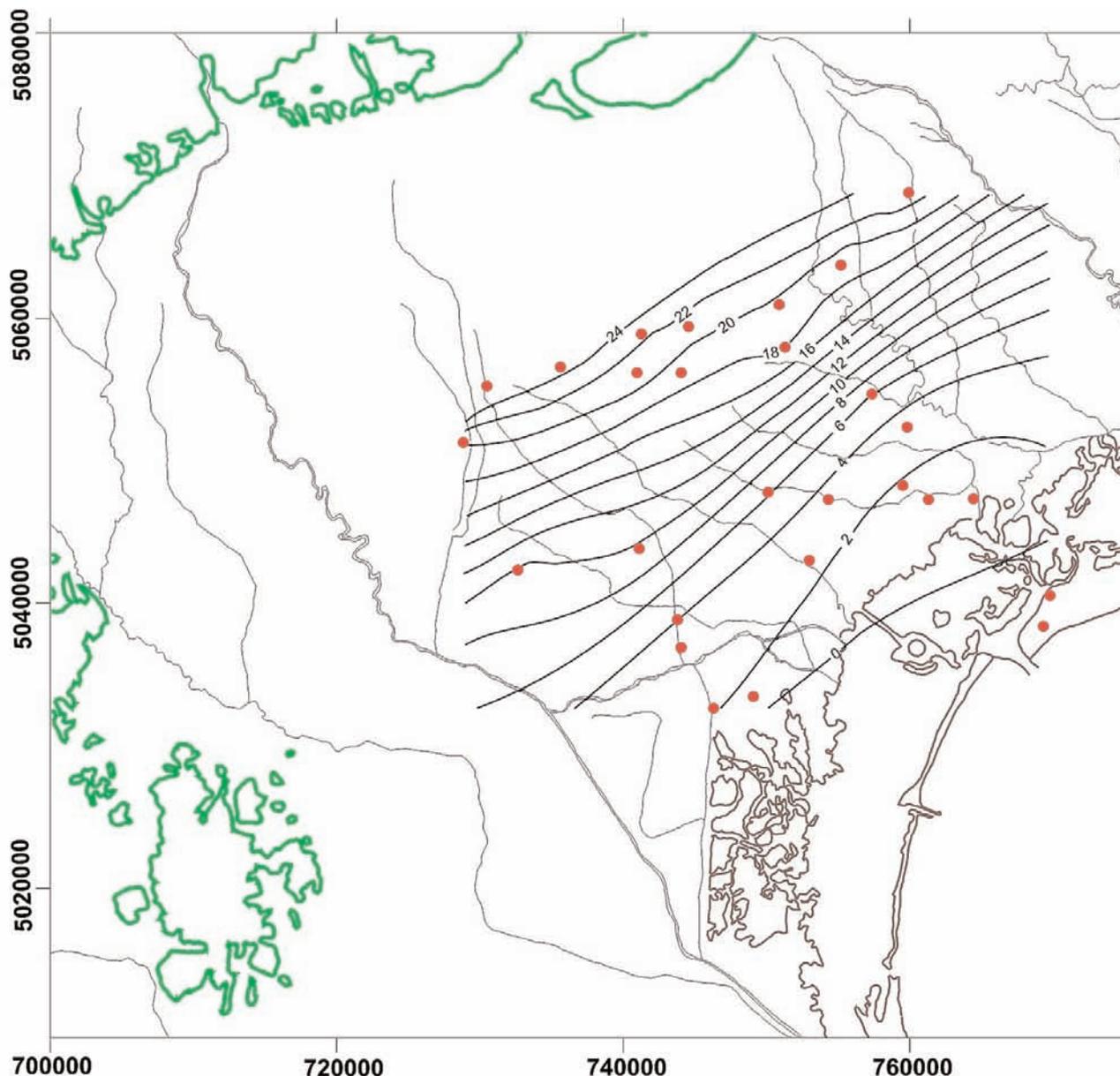


Fig. 14 - Carta degli isopotenziali : I acquifero confinato con 27 punti di misura (2° proposta di tabella 4). Settembre 2000 (MARI et alii, 2004).
 - Groundwater contour map: I confined aquifer by 27 measured wells (2° hypothesis of table 4). September 2000 (MARI et alii, 2004).

3.1. - AREA DI STUDIO, ARTICOLAZIONE DELLA RICERCA E PRODOTTI

L'area oggetto di studio e di sperimentazione è limitata a O dal Fiume Tagliamento, a N dal limite settentrionale della fascia delle risorgive, a S dalla linea di costa, a E dal confine amministrativo con la Provincia di Gorizia. Il programma di lavoro è articolato come segue :

1° Fase:

- verifica e valutazione della documentazione esistente presso il Servizio Geologico Nazionale e presso il Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali;
- verifica e valutazione della documentazione esi-

- stente presso il Dipartimento di Georisorse e Territorio della Università degli Studi di Udine;
- verifica e valutazione della documentazione esistente presso altri Enti Pubblici e/o di Ricerca (Regione Autonoma Friuli - Venezia Giulia, Arpa Friuli - Venezia Giulia, Provincia di Udine, Consorzi di Acquedotto, etc.);
- verifica e valutazione dei punti di rilevamento per le misure di livello di falda utilizzati nell'area oggetto di studio da altri Enti Pubblici e/o di Ricerca;
- acquisizione della documentazione di interesse ai fini della realizzazione del progetto, in particolare dei dati relativi ai pozzi (profondità dal piano campagna, ubicazione dei tratti filtranti, stratigrafie,

accessibilità, misurabilità, possibilità di prelievo di campioni di acque sotterranee, quota in m s.l.m. dei punti di riferimento utilizzati per le misure di livello di falda, etc);

- ricostruzione di sezioni litostratigrafiche e idrogeologiche con correlazione di dati della Bassa e dell'Alta Pianura;

- definizione di criteri e metodologie generali da utilizzare per la realizzazione di una rete di controllo quantitativo;

- integrazioni e/o sostituzioni dei punti di rilevamento, con particolare riferimento alle aree con deficit di informazioni ed alle aree più sensibili alle variazioni dell'assetto idrodinamico dei campi di flusso. I punti di rilevamento dovranno per quanto possibile interessare profondità diverse riferite ai differenti acquiferi presenti nel sottosuolo, sulla base del modello idrostrutturale adottato;

- organizzazione, omogeneizzazione e informatizzazione dei dati principali;

- definizione di una rete preliminare da utilizzare per le misure del livello di falda e per la ricostruzione dei campi di flusso idrico sotterraneo. La rete preliminare interesserà l'acquifero superficiale freatico e gli acquiferi in pressione alle diverse profondità.

2° Fase:

- verifiche in sito dei punti prescelti e della rispondenza agli obiettivi del progetto con misura di livello di falda e con sostituzioni e/o integrazioni di punti;

- realizzazione di una prima campagna di rilevamento del livello di falda in tutti i punti della rete preliminare di controllo;

- elaborazione dei dati;

- realizzazione delle schede monografiche dei pozzi della rete preliminare di controllo;

- verifiche di correlabilità dei rilievi piezometrici dei pozzi per ciascuno degli acquiferi in pressione individuati;

- eventuale confronto dei rilievi e delle misure realizzate nella seconda fase con altre serie storiche di dati disponibili e/o acquisibili.

3° Fase:

- realizzazione di una seconda campagna di rilevamento del livello piezometrico in tutti i punti della rete di controllo, così come definita nel corso della ricerca;

- elaborazione dei dati delle misure e rappresentazione del deflusso sotterraneo;

- proposta di una rete di controllo quantitativo dei corpi idrici sotterranei ottimizzata su base idrogeologica ed eventualmente su base geostatistica e finalizzata all'elaborazione di carte ad isopotenziali con il dettaglio adeguato alla vastità dell'area ed alla complessità dell'assetto idrogeologico;

- valutazioni generali della funzionalità del progetto e considerazioni complessive.

Al termine delle varie fasi della ricerca sono previste relazioni integrate con elaborati grafici e cartografici alle scale opportune.

3.2. - STRUTTURA ORGANIZZATIVA E COSTI

La struttura organizzativa del Dipartimento Georisorse e Territorio Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR è così definita:

Responsabile scientifico del programma di lavoro: C. RODA

Collaboratori: G. MARTELLI, C. GRANATI

Nell'ambito del Servizio Geologico Nazionale la struttura organizzativa prevede:

Responsabile del progetto: G.M. MARI

Commissione di valutazione: A.R. SCALISE (Presidente), L. MARTARELLI (Membro), A. SILVI (Membro e Segretario)

Per la realizzazione della ricerca è stato erogato da APAT - Dipartimento Difesa del Suolo l'importo di 33.017,08 euro IVA inclusa.

4. - CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

Si è delineato il contesto scientifico e culturale del PROGETTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI ACQUIFERI DELLA BASSA PIANURA FRIULANA IN PROVINCIA DI UDINE, realizzato con l'obiettivo di consolidare la proposta metodologica già sperimentata nella pianura veneta e di predisporre un ulteriore segmento di rete di controllo quantitativo delle acque sotterranee in un nuovo settore dell'area del PROGETTO DI RICERCA promosso dal Servizio Geologico Nazionale nel 1996, che come si è detto comprende i bacini sfocianti sul litorale alto adriatico a nord del Po e il tratto costiero tra il confine nazionale e Porto Levante, incluse le superfici lagunari venete.

In questo ambito sono state evidenziate le principali ricerche sviluppate dal Servizio Geologico Nazionale a partire dagli anni '90 specificamente orientate alla organizzazione di reti di controllo e al monitoraggio delle caratteristiche quantitative e qualitative delle risorse idriche sotterranee sia alla scala operativa che regionale, e anche ricerche sviluppate con altre finalità ma strettamente connesse alle tematiche del monitoraggio.

L'articolazione della ricerca e i prodotti attestati, evidenziati nei paragrafi precedenti, derivano in massima parte dal Capitolato Tecnico allegato alla Convenzione tra Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento Servizi Tecnici Nazionali e Università degli Studi di Udine - Dipartimento

Georisorse e Territorio (n° di repertorio 191 del 12.12.2001).

La realizzazione della ricerca (2002-2004) ha richiesto una armonizzazione delle operazioni inizialmente previste nelle varie fasi, con integrazioni, rimodulazioni e adeguamenti in ragione delle difficoltà incontrate e dei risultati di volta in volta raggiunti, oltre che una accurata verifica *in situ* dei dati e un impegnativo lavoro di campagna.

La differenza tra l'articolazione *teorica* della ricerca individuata nel programma di lavoro e la sua realizzazione pratica può essere ricondotta a diversi fattori: disponibilità dei dati, utilizzabilità dei dati, contesto territoriale di realizzazione in termini di possibilità di mantenere la ripetibilità delle misure, una volta accertata la significatività e la correlabilità dei dati e dei punti di controllo.

Come si è detto, l'obiettivo di progetto è rappresentato dalla progettazione e sperimentazione di una rete di monitoraggio quantitativo, utilizzando i pozzi esistenti nell'area, con la finalità di definire le caratteristiche di potenziale degli acquiferi e determinare le tendenze evolutive spazio-temporali delle risorse idriche sotterranee (MARTELLI *et alii*, questo volume).

L'individuazione dei punti di controllo, in parte condizionata dalla disponibilità di pozzi misurabili, ha in una prima fase utilizzato criteri geometrici e idrogeologici. La rete preliminare, utilizzata per una prima campagna di rilevamento dei livelli piezometrici e delle portate naturali effettuata in gennaio-febbraio 2003, è costituita da 83 punti, selezionati da un campione di 526 pozzi, con caratteristiche di accessibilità, disponibilità del proprietario, profondità nota, captazione da un unico acquifero, non coinvolgimento in cicli produttivi. La fase successiva è stata orientata a ottenere una distribuzione omogenea di punti di controllo, a interessare tutti i livelli acquiferi individuati nel sottosuolo e a integrare i punti nell'area di alimentazione. La rete di monitoraggio definitiva, misurata a settembre-ottobre 2003, è costituita da 134 pozzi litostratigrafici, riferiti a tutti i livelli acquiferi individuati nel sottosuolo dell'area di indagine (MARTELLI *et alii*, questo volume).

Per la elaborazione delle carte piezometriche è stata utilizzata una tecnica di interpolazione geostatistica dei dati (*kriging*).

La ricerca ha quindi prodotto specifici approfondimenti delle conoscenze sulla struttura del sottosuolo e, sia pure con le difficoltà derivanti dal contesto territoriale, organizzato e sperimentato le reti dei punti di controllo per ciascuna delle unità acquifere individuate ed estese alla scala regionale.

La pubblicazione del presente volume ha

l'obiettivo di rendere pubblici i risultati del progetto e di informarne la comunità scientifica, gli enti locali e i cittadini/e. Si ritiene in questo modo di fornire un contributo a tecnici, esperti di settore e utenti istituzionali anche in considerazione dello sviluppo che dovrà caratterizzare l'attività di monitoraggio e controllo dei corpi idrici sotterranei.

In questo senso si auspica una concreta utilizzazione dei risultati di progetto da parte degli Enti preposti alle attività di monitoraggio, controllo e gestione della risorsa idrica sotterranea, in particolare per quanto attiene alla rete dei punti individuata attraverso una specifica e complessa attività di campagna.

Si ritiene che i risultati raggiunti possano quindi rappresentare la base per ulteriori approfondimenti e per nuove ricerche orientate anche alla definizione delle caratteristiche idrochimiche delle acque sotterranee.

Si intende infine sottolineare due aspetti di particolare interesse, significativi in termini di formazione e di aggiornamento professionale di personale tecnico.

Da un lato la collaborazione sviluppata tra Servizio Geologico Nazionale - Ufficio Idrogeologia e Università degli Studi di Udine - Dipartimento Georisorse e Territorio, con scambio di dati e informazioni di interesse e sviluppo di momenti di confronto tecnico-scientifico.

Dall'altro, così come avvenuto in tutte le attività promosse dal Servizio Geologico Nazionale nel periodo 1999-2002, riferite alle risorse idriche sotterranee e realizzate in convenzione con Enti di Ricerca e Istituti Universitari (Istituto di Ricerca sulle Acque IRSA - CNR; Università degli Studi di Padova - Dipartimento di Geologia, Paleontologia e Geofisica; Università degli Studi Roma Tre - Dipartimento di Scienze Geologiche; Università degli Studi di Roma La Sapienza - Dipartimento di Scienze della Terra; Università degli Studi di Napoli Federico II - Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia), la utilizzazione di unità di personale esterno agli Enti di Ricerca e agli Istituti Universitari, attraverso specifiche forme contrattuali (ad esempio: borse di studio, incarichi di ricerca).

I progetti di ricerca hanno quindi rappresentato una opportunità formativa, seppure limitata dalle risorse finanziarie disponibili, anche in considerazione della attività svolta, caratterizzata dallo sviluppo di elementi metodologici generali, da aspetti pratico operativi e dalla utilizzazione di strumenti informatici.

Ringraziamenti

Si ringrazia la Sig.ra Silvana Falcetti per la collaborazione nell'elaborazione grafica dei dati.

BIBLIOGRAFIA

- AAVV. (1990) - *Protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi* - Atti 1° Convegno Nazionale, Marano sul Panaro (Modena), 20-22 settembre 1990.
- AAVV. (1995) - 2° Convegno Nazionale sulla *Protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi* - Nonantola (Modena) 17-18-19 maggio 1995. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Editrice, Bologna.
- AAVV. (1999) - *Protezione e gestione delle acque sotterranee per il III millennio* - Atti 3° Convegno Nazionale, Parma 13-15 ottobre 1999. Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Editrice, Bologna.
- ANTONELLI R., DAZZI R., GATTO G., MARI G.M., MOZZI G., ZAMBON G. (1993) - *Correlazioni litostratigrafiche ed idrostrutturali nel complesso alluvionale della bassa valle del fiume Agno-Guà e nell'antistante pianura vicentina (M.Lessini Orientali- Vicenza)*. Bollettino Servizio Geologico d'Italia, 109, IPZS, Roma. Pubbl. n. 539 del GNDICI - CNR Linea di Ricerca 4.
- ANTONELLI R., MARI G.M. (1993) - *Ricerca sulla vulnerabilità naturale e sul rischio di inquinamento delle acque sotterranee nelle valli dell'Agno-Guà e del Chiampo e nella antistante pianura (M.Lessini Orientali-Vicenza)* - Carta della vulnerabilità naturale con note illustrative - scala 1:25.000. Regione del Veneto - Dipartimento Ecologia e Tutela Ambiente - Presidenza del Consiglio dei Ministri - Servizio Geologico Nazionale - Venezia. Pubbl. n. 947 del GNDICI - CNR Linea di Ricerca 4.
- ANTONELLI R., CAMILLA S., MARI G.M. (1996) - *Ricerca sulla vulnerabilità naturale e sul rischio di inquinamento delle acque sotterranee nelle valli dell'Agno - Guà e del Chiampo e nella antistante pianura (M. Lessini Orientali - Vicenza)*. Carta della distribuzione degli insediamenti produttivi e dell'uso del suolo e del sottosuolo, scala 1:25.000. Regione del Veneto - Dipartimento l'Ecologia e Tutela dell'Ambiente e Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento per i Servizi Tecnici Nazionali - Servizio Geologico Nazionale, Venezia. Pubbl. n. 1364 del GNDICI - CNR Linea di Ricerca 4
- ANTONELLI R., FABBRI P., MARI G.M., MARTARELLI L., SILVI A., TAGLIAPIETRA A. (2001) - *Sperimentazioni e proposte per una rete di controllo dei corpi idrici sotterranei nella pianura veneta* - Atti Convegno Nazionale "Le risorse idriche sotterranee: conoscerle per proteggerle" 14-15 novembre 2001 Venezia.
- ANTONELLI R., MARI G.M. (2003) - *Valutazioni sulla evoluzione del chimismo nei sistemi acquiferi della media e bassa valle dell'Agno-Guà e del Chiampo (M. Lessini Orientali - Vicenza)* attraverso osservazioni pluriennali non sistematiche - Memorie di Scienze Geologiche 55 - Padova.
- CACCIUNI A., MARI G.M., MARTARELLI L., SCALISE A.R., SILVI A. (2002) - *Studio idrogeologico in una area della piana di Rieti. Attività di monitoraggio e rappresentazioni cartografiche preliminari* - Atti Convegno Ambiente e sviluppo sostenibile. Le acque sotterranee: risorsa preziosa, poco conosciuta, a rischio. Rossiglione (GE) 12-14 settembre.
- GIULIANO G.,PREZIOSI E., PETRANGELI A.B., VIVONA R., PATERA A., DE LUCA A., BARBIERO G. (2006) - *Integrazione fra rete di monitoraggio delle acque sotterranee e cartografia di vulnerabilità delle falde. Proposta metodologica e sperimentazione in provincia di Roma* - Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 73: 15-66, 44 figg., 19 tabb., S.EL.C.A. Firenze.
- MARCOLONGO B., PRETTO L. (1987) - *Vulnerabilità degli acquiferi nella pianura a nord di Vicenza* - Pubb. n° 28 del GNDICI - CNR Linea di Ricerca 4 Padova - Vicenza
- MARTELLI G., GRANATI C., RODA C. (2007) - *Criteri per la realizzazione di una rete di monitoraggio quantitativo e sperimentazione* - Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 75: 25-87, 31 figg., 25 tabb., S.EL.C.A. Firenze.
- MARI G.M. (1985) - *Carta Isofreatica. Rilievi del dicembre 1983 - Carta Piezometrica. Rilievi del dicembre 1983*. Regione del Veneto - Giunta Regionale - Segreteria Regionale per il Territorio - Dipartimento Ambiente. Grafiche Quattro, Venezia
- MARI G.M., CASARIN R., GORGONI V., FICO L., DEL GIUDICE C., PIZZI G. (1989) - *Mathematical Model of Veneto Region Groundwater System* - Water Quality Bulletin, 14, n°3.
- MARI G.M., MOTTERAN G., SCALISE A.R., TERRIBILI D., ZATTINI N. (1995) - *Carta idrogeologica d'Italia 1:50.000. Guida al rilevamento ed alla rappresentazione*. Servizio Geologico Nazionale - Quaderni, serie III, 5, IPZS, Roma.
- MARI G.M., BAGNAIA R., VENTURA R. (1999a) - *Rete di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei nel territorio di competenza dell'Ufficio Compartimentale Idrografico e Mareografico di Venezia. Primi risultati di un progetto di riorganizzazione* - Atti Convegno Il Rischio idrogeologico e la difesa del suolo, Accademia di Lincei 154, Roma.
- MARI G.M., BAGNAIA R., VENTURA R. (1999b) - *Rete di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. Risultati preliminari delle indagini e delle sperimentazioni effettuate nella pianura veneta* - Atti 3° Convegno Nazionale sulla protezione e Gestione delle acque sotterranee per il III millennio, Parma - Quaderni di Geologia Applicata, Pitagora Editrice, Bologna.
- MARI G.M., VENTURA R. (1999) - *Elaborazioni inedite*.
- MARI G.M., BAGNAIA R., VENTURA R. (2000) - *Rete di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei nella pianura veneta. Approfondimento di alcuni elementi conoscitivi di base* - Atti Convegno "Le Pianure. Conoscenza e salvaguardia. Il contributo delle Scienze della Terra" Ferrara, 1999.
- MARI G.M. (2002) - *Risorse idriche sotterranee: attività, progetti e realizzazioni del Servizio Geologico Nazionale* - 2° Convegno "Ambiente e sviluppo sostenibile - Le acque sotterranee: risorsa preziosa, poco conosciuta, a rischio" - Rossiglione (GE), 12 - 14 settembre 2002.
- MARI G.M., ANTONELLI R., MARTELLI G., FABBRI P., GRANATI C., ROSSI S., VENTURA R. - *Monitoring of aquifers in the Veneto plain and in the low Friuli plain (Udine district). Comparison between observations and considerations on survey's results* - Poster 32 nd International Geological Congress Firenze 20-28 agosto 2004.
- MARI G.M., GIULIANO G., PREZIOSI E., PETRANGELI A.B., VIVONA R., PATERA A., DE LUCA A., BARBIERO G. (2006) - *Carte di vulnerabilità finalizzate al monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. Aspetti metodologici generali e prima sperimentazione nell'area centro-settentrionale della provincia di Roma* - Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 73, S.EL.C.A. Firenze, 2006
- REPUBBLICA ITALIANA (1984) - *Legge 4 agosto 1984 n. 464. Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio Geologico della Direzione Generale delle Miniere del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale* - G.U. n. 226 del 17/8/1984.