

**SORGENTI E POZZI PER ACQUA NEL FRIULI VENEZIA GIULIA.
UN GIS PER IL MONITORAGGIO E LA TUTELA DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE
SUPERFICIALI E PROFONDE**

**WATER SOURCES AND WELLS IN FRIULI VENEZIA GIULIA
A GIS FOR THE CONTROL AND PROTECTION OF SUPERFICIAL AND DEPTH
QUALITY WATERS.**

F. Cucchi, G. Massari, A. Mereu, S. Oberti, L. Zini

cucchi@univ.trieste.it zini@univ.trieste.it

Riassunto

La Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia dispone, allo stato attuale, di un catasto regionale dei pozzi per acqua, di una rete di monitoraggio freaticometrico delle falde e di uno chimico, di un catasto delle grotte e di uno delle sorgenti montane captate.

Nell'ambito della Convenzione con la Regione stessa, il Di.S.G.A.M. ha in corso di elaborazione la Carta Geologico Tecnica e Formazionale numerica alla scala 1:5000.

Tale carta si svilupperà in un GIS collegando alla parte CAD, basata sulla CTRN alla scala 1:5000, diversi database strutturati in Oracle contenenti dati puntuali, lineari e areali.

In tale ottica e vista la crescente attenzione delle istituzioni alle problematiche sulla tutela delle acque (D.L. 152/99), è in corso di realizzazione un sistema informativo territoriale contenente i dati fisico-chimici e geochimici dei pozzi e delle sorgenti montane della Regione.

Questa fase ha richiesto la creazione dei database tramite l'informatizzazione dei dati pregressi rinvenuti su supporto cartaceo, ed una omogeneizzazione in Access dei dati già informatizzati tramite altri software.

Si è scelto di realizzare il database in Access per la sua versatilità verso altre piattaforme come Oracle e SQL e per la sua compatibilità con i maggiori GIS in commercio (Mapinfo, Arc View ecc.). Questa versatilità è opportuna oltreché necessaria per lo sviluppo e l'integrazione del sistema informativo territoriale che richiede una sinergia tra gli enti preposti alla gestione del territorio.

Il sistema informativo in fase di realizzazione è visto infatti anche come uno strumento di supporto ed integrazione alla carta geologico tecnica e a tutte quelle carte tematiche (Carta della vulnerabilità intrinseca ed integrata delle falde, Carta delle isofreatiche ...) realizzate o in fase di realizzazione dal nostro Dipartimento.

Si sarà in grado, tramite interrogazioni mirate, di avere un quadro della situazione sotto il profilo

idrogeologico e della qualità delle acque.

Un GIS così strutturato diventa fondamentale per la tutela della risorsa acqua e per la pianificazione territoriale permettendo di conoscere puntualmente ed arealmente la qualità delle acque sotterranee, di accedere alle situazioni pregresse e di elaborare scenari di utilizzo e protezione.

PAROLE CHIAVE: GIS, tutela delle acque, Friuli Venezia Giulia

Summary

Friuli-Venezia Giulia region is equipped by a regional water-wells cadaster, a chemical and phreatimetric groundwaters monitoring network, and also caves and mountain springs cadasters.

In agreement with Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, DiSGAM is working on the Numerical Technical geology and Lithological Map (scale 1:5000)

The Map will develop into a GIS, with the union of the CAD part, based on CTRN (scale 1:5000) and various Oracle databases (containing point, line and area data).

For this reason and also for the growing institutional interest in water protection (D.L. 152/99), the realisation of a GIS is in progress; containing physical, chemical and geochemical data of regional wells and mountain springs.

This phase has started with a database creation through informatization of existing documental data, and conversion of various-software data into Access.

We have chosen Access database because of its transportability in Oracle or SQL and also compatibility with a lot of GIS (like MapInfo, Arc View, etc.). This versatility is useful for the development of GIS and its integration with environmental organizations.

The developing GIS represent a support and an integration of the Technical geology Map and all “just-made” or “in-progress” thematic maps of our Department (like Intrinsic and Integrated Vulnerability maps, Isofreatic maps, etc.).

By using the right queries, for example, we will have a full view of hydrogeology and water-quality. This kind of GIS is the base for water-resource protection and territorial planning, making it possible to have a punctual and areal knowledge of the groundwater quality and previous situation snapshots, as well as to elaborate protection and utilisation scenarios.

KEY WORDS: GIS, water protection, Friuli Venezia Giulia.

Dai dati cartacei al database

La Regione Friuli-Venezia Giulia (fig. 1), redigendo il *Piano generale per il risanamento delle acque*, da circa un ventennio ha messo in opera tramite gli Enti locali, le aziende municipalizzate e

gli ex Presidi Multizonali di Prevenzione, una rete di monitoraggio (fig. 2) per analizzare le caratteristiche chimico-fisiche e biologiche dei corpi idrici superficiali (in circa 50 punti) e profondi (in quasi 200 pozzi). Sin dal 1967 sono stati inoltre messi in opera piezometri per l'attivazione di una rete idrometrica che oggi consta di circa 400 pozzi (fig. 3). Negli anni successivi si è sviluppato, per iniziativa del DiSGAM, un catasto delle sorgenti captate (fig. 4).

I dati relativi sono tuttora disponibili, presso l'Ente regionale, in formato cartaceo ed in parte in Excel.

Nel 1990 è stato pubblicato il *Catasto regionale dei pozzi per acqua e delle perforazioni eseguite nelle alluvioni quaternarie e nei depositi sciolti del Friuli-Venezia Giulia*, un'opera della Regione a carattere conoscitivo contenente l'ubicazione della quasi totalità dei pozzi terebrati nella Regione, con la rappresentazione stratigrafica di 1690 di questi (fig. 5). Oltre all'edizione cartacea è disponibile anche una versione informatizzata in Excel.

Nell'ambito degli studi che il DiSGAM dell'Università degli Studi di Trieste ha svolto al fine di definire al meglio le caratteristiche idrogeologiche della pianura, sono stati progressivamente raccolti ed informatizzati tutti i dati provenienti dall'Ente regionale e dagli altri Enti competenti per territorio, oltre a quelli rilevati ed elaborati negli anni dal Dipartimento stesso.

Infatti lo sviluppo hardware e software si è oggi evoluto a livelli fino a pochi anni fa riservati soltanto ai Centri di Calcolo dei maggiori Enti, permettendo ad un Personal Computer, non dissimile da quello sempre più presente in ogni famiglia, l'analisi di una notevole mole di dati. La creazione dei database georeferenziati, con il passaggio da un puro elenco di informazioni alla territorializzazione delle stesse, è il cardine di un oculato studio per la tutela del sistema ambiente. Le possibilità offerte spaziano dalla ricostruzione temporale degli eventi, alla loro modificazione spaziale, dall'elaborazione dei dati alla loro rapida consultazione, indispensabile in caso d'emergenza, sino alla semplice catalogazione.

L'intuizione della Regione Friuli-Venezia Giulia nel dotarsi di una cartografia numerica (1:25.000 per lavori a grande scala, 1:5.000 per lavori di precisione) ha fornito lo strumento indispensabile per la migrazione da database diversi ad un Sistema Informativo Territoriale.

In quest'ottica, fin dal 1996, si è dato il via all'organizzazione dei dati numerici (Cucchi et al., 1998) con l'utilizzo del software Microsoft Excel e la creazione di un foglio elettronico a struttura di *database* contenente i parametri chimici di circa 150 pozzi e altre loro caratteristiche quali, ad esempio, la profondità di emungimento, la quota e le coordinate Gauss-Boaga della bocca pozzo, ecc.. Grazie a questo software si è eseguita una prima elaborazione dei dati con conseguente definizione delle caratteristiche idrochimiche della pianura friulana, anche mediante lo studio delle

interdipendenze fra i vari parametri chimici.

Tutti i dati sono stati normalizzati e sono iniziati i primi studi sfruttando le potenzialità del GIS ArcView. La georeferenziazione delle stazioni di misura ha reso possibile una fase di monitoraggio areale di notevole precisione tramite l'esecuzione di apposite *queries* nonché lo studio delle singole caratteristiche delle acque.

Un successivo sviluppo ha incrementato il numero di pozzi monitorati fino a 263 (Cucchi et al., 2000), mentre lo stato attuale vede un progressivo miglioramento delle possibilità di elaborazione e consultazione dei dati grazie alla migrazione del foglio di calcolo in una più potente e meglio gestibile tabella Access (fig. 6A-B), con relative interrogazioni, maschere di ricerca e consultazione mirata. Sono inoltre confluiti nel database i dati provenienti dai pozzi facenti parte della rete di monitoraggio chimico dell'ARPA-FVG (227 stazioni tuttora analizzate) e i dati geochimici relativi alle acque piovane raccolte in vari punti della Regione dal DiSGAM.

Queste informazioni riguardano sia l'aspetto fisiografico sia quello idrogeologico e, non ultimi, tutti i risultati delle analisi fisiche, chimiche, geochimiche e microbatterologiche eseguite sui campioni raccolti.

I parametri presi in considerazione seguono le disposizioni del "Testo unico sulle acque" (D.L. 152/99) e sono stati integrati dalle esigenze operative del DiSGAM.

In particolare sono stati inseriti i parametri di riferimento delle quattro classi individuate dalla legge e tramite una apposita maschera è possibile controllare, in "tempo reale", lo stato qualitativo delle acque analizzate.

Parallelamente, dal 1999, è partito un progetto volto alla catalogazione, normalizzazione e informatizzazione mediante Access di tutti i dati disponibili riguardanti le freaticimetrie (fig. 7), il catasto delle sorgenti captate (fig. 8A-B) nonché quello dei pozzi per acqua (fig. 9).

Per la miglior conoscenza del territorio, anche il catasto delle 6421 grotte del F.V.G. (fig. 10) conservato presso la sede di Trieste del CAI in formato DOS, è stato ripreso dal DiSGAM e convertito in Access (fig. 11), creando le premesse per la corretta georeferenziazione delle cavità.

La scelta di Access quale database di riferimento è stata fatta nell'ottica dell'agilità dello strumento software in caso di una banca dati non troppo ampia e della relativa facilità d'uso e gestione. Inoltre il fattore versatilità è risultato importante sia nella futura migrazione a prodotti software di maggior potenzialità e complessità, sia nell'interfacciarsi con vari ambienti GIS (MapInfo, ArcView, GeoMedia Pro, ecc.).

Pur utilizzando diversi tipi di software GIS, la scelta del sistema di base è stata indirizzata verso MapInfo per le caratteristiche *user-friendly* di tale prodotto, per la possibilità di scambio dati con

fruitori e partners istituzionali e per la sua compatibilità con la maggior parte delle principali piattaforme GIS presenti sul mercato.

Prime applicazioni

Per la corretta conoscenza idrogeologica regionale, per il monitoraggio e la tutela delle acque risulta molto usufruire di un sistema facilmente consultabile e implementabile.

La possibilità offerta da un GIS, ossia l'integrazione di dati tabellati e di elementi georeferenziati, diventa indispensabile sia per lo studio della distribuzione spaziale sia per la ricostruzione temporale della variabilità chimica. Ad esempio l'elaborazione informatica dei dati di chimismo, iniziata nel 1996, e lo studio della loro distribuzione spaziale hanno portato come primo importante risultato alla definizione di quelle che si possono definire "province idrogeologiche" (Cucchi et al., 2000). Queste identificano le aree che nel sottosuolo si caratterizzano per il diverso chimismo delle acque di falda che indica una diversa provenienza e una diversa interazione con l'acquifero. Sulla base dei dati geologici stratigrafici e chimici si sono riconosciute infatti 7 province idrogeologiche distinte (fig.12).

Provincia 1:

Alta pianura pordenonese. La falda freatica, caratterizzata da scarso ricambio idrico, è alimentata prevalentemente dalle precipitazioni meteoriche e dai torrenti Cellina e Meduna.

Provincia 2:

Bassa pianura pordenonese occidentale. Il sistema multifalda artesiano è alimentato dalle acque più profonde della falda freatica della provincia 1 ed in parte da acque provenienti dall'altopiano del Cansiglio. Nel sottosuolo la presenza di orizzonti torbosi causa processi di riduzione che assorbono l'ossigeno (da nitrati, solfati, ecc.) producendo composti poveri di ossigeno (nitriti, ammoniaca, solfuri).

Provincia 3:

Cerchia morenica. In quest'area le falde sono prevalentemente alimentate dalle precipitazioni meteoriche e la presenza di depressioni inframoreniche favorisce il ristagno idrico.

Provincia 4:

Alta pianura friulana centro orientale. Si caratterizza per la mancanza di corsi d'acqua superficiali importanti con conseguente falda freatica alimentata soprattutto dalle piogge efficaci.

Provincia 5:

Alta e Bassa pianura centrale. Si estende dalla stretta di Pinzano fino ad un'ampia fascia meridionale e rappresenta l'estesa area alimentata prevalentemente dalle dispersioni del fiume

Tagliamento. Le falde acquifere sono caratterizzate dall'elevata presenza di solfati derivanti dalla soluzione dei gessi contenuti negli orizzonti permo-triassici attraversati dal fiume nella zona montana.

Provincia 6:

Bassa pianura friulana centro orientale. Le falde artesiane risultano compresse a Ovest dagli apporti del Tagliamento ed a Est da quelli del sistema torrentizio Torre-Natisone-Isonzo.

Provincia 7:

Alta e Bassa pianura orientale. Alimentata prevalentemente dalle dispersioni del sistema Torre-Natisone-Isonzo e caratterizzata da un elevato rapporto calcio/magnesio, tipico delle aree a elevata presenza di calcari e flysch.

Ad integrare i dati di chimismo sono stati aggiunti quelli inerenti la rete freaticometrica il che ha permesso di valutare l'effettivo andamento nel tempo degli acquiferi della regione (Cucchi et al. 1999). Dati dell'ultima trentina d'anni dimostrano un generale depauperamento delle risorse idriche con un abbassamento generalizzato in quasi tutte le stazioni di monitoraggio (fig.13A-B).

Questa tendenza non dev'essere sopravvalutata, in quanto va messa in relazione con l'andamento delle precipitazioni (anch'esse in generale diminuzione) e con lo sviluppo antropico. Nel contempo non deve nemmeno essere sottovalutata: una regolamentazione dei prelievi sembra comunque opportuna.

Alla fine degli anni '90, quando la cosiddetta "emergenza atrazina" ha evidenziato l'esigenza di monitoraggi il più possibile continui e di una mappatura della distribuzione areale nel tempo dei principali inquinanti (fertilizzanti, erbicidi, composti chimici, ecc.), si è avuta la possibilità di ampliare i database, integrando i dati esistenti con quelli man mano raccolti dagli Enti. Mediante un apposito software (Vertical Mapper) integrativo di MapInfo si è analizzata la distribuzione spaziale degli elementi contaminanti per valutarne concentrazione e evoluzione nel tempo.

L'analisi dell'andamento della concentrazione dei nitrati nella pianura friulana nel biennio 1996-97 (fig. 14A-B) evidenzia come la distribuzione dei valori di concentrazione vari nel tempo, con picchi diversi in aree diverse.

Un'altra applicazione resa possibile dal GIS è stata l'integrazione dei dati sulla vulnerabilità delle falde idriche con quelli relativi alle attività antropiche viste come fattori potenziali d'inquinamento (fig.15). Si è creato così un versatile strumento di analisi, controllo e monitoraggio di aree di particolare interesse, quali, ad esempio, quelle in cui sorgono le opere di presa degli acquedotti oppure quelle di ubicazione delle discariche e dei principali poli industriali regionali.

Prospettive future

Il notevole interesse che in questi ultimi anni ha coinvolto lo sviluppo dei sistemi informativi territoriali, nonché l'enorme mole di dati attinenti il territorio resasi disponibile è uno dei motivi che nel 1998 hanno portato alla sottoscrizione di una convenzione tra la Regione Friuli-Venezia Giulia ed il Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine dell'Università degli Studi di Trieste per la creazione di una Cartografia Geologico Tecnica e Geologico Formazionale numerica in scala 1:5.000. La campagna di rilevamento svolta da una dozzina di rilevatori sul terreno, porta anche all'acquisizione di dati, che attraverso la creazione di apposite schede vengono opportunamente uniformati, creando il prelude per la creazione di un GIS regionale di interesse non solo geologico ma anche ingegneristico, con un occhio di riguardo alla pianificazione territoriale (fig.16).

L'importanza dei dati trattati si riflette sulla tipologia di database da creare: esso dovrà consentire una notevole versatilità anche nella prospettiva di inserimento nella rete Internet. Ciò ha comportato la scelta del software Oracle che appare come il mezzo migliore di gestione, controllo ed analisi della notevole mole di informazioni derivante sia dalla ricca bibliografia che dal nuovo lavoro di campagna, con una struttura adatta all'utilizzo in un GIS.

Riferimenti bibliografici

F. Cucchi, F. Giorgetti, F. Gemiti, G. Massari, S. Oberti, *Caratterizzazione geochimica delle falde acquifere della pianura friulana*, in <<Atti della Giornata Mondiale Dell'acqua (Roma 23 mar. 1998)>> Pubblicazione CNR-GNDICI n. 1955; Ricerca eseguita nell'ambito dell'Unità 4.7 del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche del C.N.R., responsabile prof. Massimo Civita, pubblicazione n°1832 del G.N.D.C.I. del C.N.R., 1998, pp. 61-71.

F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, *Fluttuazioni della falda freatica nell'Alta pianura friulana*, in <<estratto da "Gortania" – Atti del Museo Friulano di storia Naturale pubblicazione n. 1895 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, del CNR; L.R. 4 "Studi degli acquiferi" coordinatore prof. M. Civita, U.O. 4.7, Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine, responsabile prof. F. Cucchi>>. 1999, n°21, pp. 39-51.

F. Cucchi, G. Massari, S. Oberti, *Il chimismo delle falde freatiche e artesiane della pianura friulana*, in <<Quaderno del Museo geologico e Paleontologico, n°7, 1999, Monfalcone, pubblicazione n. 2073 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, del CNR; U.O. 4.7, Dipartimento di Scienze Geologiche Ambientali e Marine, responsabile prof. F. Cucchi.>>. 2000, pp. 3-20.

Regione Autonoma Friuli - Venezia Giulia, *Piano generale per il risanamento delle acque. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. Caratteristiche idrologiche delle acque sotterranee*, Dir. Reg. Ambiente Servizio per l'utilizzazione delle acque, Anni dal 1967 al 1986, 1987, 1988, 1989, 1990.

Regione Autonoma Friuli - Venezia Giulia, *Piano generale per il risanamento delle acque. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia. Caratteristiche chimico fisiche e biologiche dei corpi idrici superficiali e profondi della Regione*, Dir. Reg. Ambiente Servizio della Tutela dagli Inquinamenti e dalle Infrastrutture Civili, allegato 5, Anni dal 1981 al 1987 e 1992.

Regione Autonoma Friuli - Venezia Giulia, *Catasto regionale dei pozzi per acqua e delle perforazioni eseguite nelle alluvioni quaternarie e nei depositi sciolti del Friuli-Venezia Giulia*, R.A.F.-V.G., Dir. Reg. Ambiente, Trieste, 1990.

Testo unico sulle acque, *D.Lgs n. 152 del 11 maggio 1999 - Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/Cee concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/Cee relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole*, 1999.

Dipartimento di Scienze Geologiche, Ambientali e Marine, Università di Trieste